www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

12e JAARGANG No. 5, blz. 133-160 MEI 1950

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN DIRECT ONTSTEKENDE FLUORESCENTIELAMP IN SERIE MET EEN GLOEILAMP

door W. ELENBAAS en T. HOLMES *).

621.327.43

Om een fluorescentielamp stabiel te laten branden, moet men ze in serie schakelen met een zekere impedantie. Gewoonlijk kiest men als voorschakelimpedantie een smoorspoel, en niet een weerstand, daar in de weerstand een vrij groot vermogen verloren zou gaan. Aan dit bezwaar kan echter goeddeels tegemoet worden gekomen door als voorschakelweerstand een gloeilamp te nemen, die zelf ook licht geeft. Door enige wijzigingen aan te brengen in de constructie van de fluorescentielamp is men voor de serieschakeling van fluorescentielamp en gloeilamp gekomen tot een oplossing, die bepaalde voordelen biedt, en waarbij tevens de bij gewone fluorescentielampen nodige starter achterwege kan blijven.

De tot dusverre gebruikelijke buisvormige fluorescentielampen (TL-lampen), die met tussenschakeling van een voorschakelapparaat worden aangesloten op een wisselstroomnet van 220 V, hebben een ontsteekspanning die, bij koude electroden,

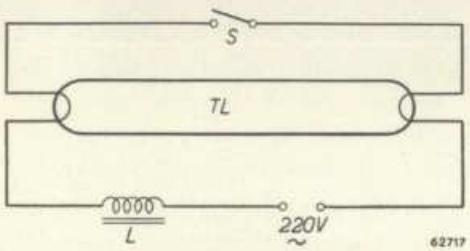


Fig. 1. Schakeling van een op wisselstroom brandende TL-lamp (*TL*). *L* voorschakelsmoorspoel, *S* ontsteekschakelaar.

aanzienlijk hoger is dan de topspanning van het net. Ook wanneer de electroden op gloeitemperatuur zijn gebracht, is gewoonlijk de spanning die voor de eerste ontsteking nodig is, hoger dan de top van de beschikbare wisselspanning.

Om een TL-lamp te ontsteken wordt veelal de in *fig. 1* afgebeelde inrichting gebruikt. Bij sluiten van de schakelaar *S* gaat er een wisselstroom lopen door de voorschakelsmoorspoel *L* en de beide gloeidraden van de lamp, welke laatste daardoor warm worden. Verbreekt men nu de genoemde stroom door de schakelaar te openen, dan ontstaat er wegens de zelfinductie van de smoorspoel een spanningsstoot, die in het algemeen groot genoeg is om de lamp te doen ontsteken. De electroden worden nu verder door de ontladingsstroom warm gehouden, en de herontsteekspanning blijft laag genoeg om de lamp zonder verdere hulpmiddelen te laten branden.

De schakelaar *S* behoeft niet met de hand te worden bediend, maar kan automatisch werken. In de practijk gebruikt men bijna uitsluitend automatische ontsteekschakelaars (starters), waarvan in *fig. 2* een vorm, de glimlichtstarter, is afgebeeld en toegelicht. Deze en andere vormen van starters zijn reeds uitvoerig in dit tijdschrift besproken [1])[2]).

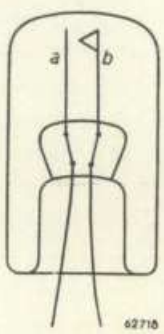


Fig. 2. Glimlichtstarter, die automatisch de taak van de schakelaar *S* in fig. 1 vervult. Bij aansluiting op de netspanning ontstaat een glimontlading tussen de electroden *a* en *b* van de starter, waardoor de temperatuur van de als bimetaal uitgevoerde electrode *a* zodanig stijgt dat deze contact maakt met *b*. Hierdoor valt de glimontlading weg, het bimetaal koelt af en het contact gaat open. Gebeurt dit op een moment waarop de stroom zo klein is dat aan de smoorspoel geen voldoend grote spanningsimpuls ontstaat om de lamp te ontsteken, dan herhaalt het spel zich tot dit wel het geval is. De brandspanning van de TL-lamp is niet hoog genoeg om een glimontlading in de starter te onderhouden.

*) Philips Hamilton Works, Hamilton, Schotland.

[1]) A. A. Kruithof, Buisvormige luminescentielampen voor algemene verlichtingsdoeleinden, Philips techn. T. **6**, 65-73, 1941.

[2]) Th. Hehenkamp, Een snel werkende automatische ontsteekschakelaar voor fluorescentielampen, Philips techn. T. **10**, 143-152, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De glimlichtstarter werkt zeer betrouwbaar en heeft een lange levensduur, maar een nadeel er van is dat tussen het inschakelen van de lamp en het ontsteken een tijd van 2 tot 4 s verloopt. Voor de verlichting van fabrieks- en kantoorruimten, die meestal niet vaker dan één- of tweemaal per dag wordt ontstoken, weegt dit nadeel niet zwaar, maar wel is dit het geval bij de verlichting van woonhuizen. Vandaar dat men heeft gezocht naar sneller werkende starters. Het in noot [2]) aangehaalde artikel beschrijft een starter waarbij de vertraging onder normale omstandigheden nog slechts 0,3 tot 0,4 s bedraagt.

Voor- en nadelen van een gloeilamp ten opzichte van een voorschakelsmoorspoel

De starter brengt echter niet voor alle gevallen uitkomst. Wij bedoelen hier het geval waarin men de voorschakelsmoorspoel van de TL-lamp wil vervangen door een voorschakelweerstand. Deze weerstand verbruikt een vermogen dat ongeveer even groot is als dat van de TL-lamp zelf, en vele malen groter dan de verliezen in de smoorspoel, doch aan dit bezwaar kan men goeddeels tegemoet komen door als weerstand een gloeilamp te nemen, die zelf ook een zekere hoeveelheid licht voortbrengt. Weliswaar is een gloeilamp een minder efficiente lichtbron dan een TL-lamp, maar tegenover de achteruitgang in rendement staan de volgende voordelen:

1. Een gloeilamp (plus houder) is aanmerkelijk goedkoper dan de bij een TL-lamp behorende smoorspoel, en ook lichter. Aan dit laatste is het te danken dat men ook de armatuur lichter kan construeren.

2. De arbeidsfactor van een op wisselstroom brandende TL-lamp is nagenoeg 1 in het geval van een voorgeschakelde weerstand, doch slechts ca 0,5 bij gebruik van een smoorspoel. (Om in dit laatste geval, bij grote installaties, toch met een goede arbeidsfactor te werken, voorziet men gewoonlijk de helft van het aantal lampen van een voorschakelapparaat dat bestaat uit een smoorspoel in serie met een condensator. De zelfinductie en de capaciteit zijn zo gekozen dat de stroom de juiste grootte aanneemt en evenveel in faze bij de netspanning vóór is als bij de andere helft van het aantal lampen de stroom in faze achter is. Zulk een voorschakelapparaat met smoorspoel en condensator is natuurlijk nog groter, zwaarder en duurder dan een dat alleen een smoorspoel bevat.)

3. Een bijkomstig voordeel is, dat de gloeilamp in het geheel geen gebrom veroorzaakt — een toestand die bij een smoorspoel slechts met bijzondere voorzorgen kan worden bereikt.

4. Met TL- en gloeilampen in één armatuur laat zich een menglicht verkrijgen dat, zowel naar ruimtelijke verdeling als ook naar spectrale samenstelling een gelukkig compromis mag heten tussen uitsluitend fluorescentielicht en uitsluitend gloeilamplicht.

5. Indien men fluorescentielampen wil gebruiken op plaatsen waar alleen een gelijkstroomnet ter beschikking staat, is men op het gebruik van een voorschakelweerstand aangewezen, en voor de weerstanden zal men natuurlijk bij voorkeur gloeilampen gebruiken.

Wat zijn nu de moeilijkheden waarop wij zoëven doelden en die zich voordoen als men bij een normale TL-lamp in de schakeling volgens fig. 1 de smoorspoel vervangt door een geschikt gedimensionneerde gloeilamp?

Deze moeilijkheden zijn tweeërlei. Om de in serie met de TL-lamp geschakelde gloeilamp een redelijke hoeveelheid licht te laten geven, moet men er voor zorgen dat haar gloeidraad de normale temperatuur (ca 2700 °K) aanneemt bij de effectieve waarde van de spanning die er in bedrijf op staat. Deze waarde bedraagt, aan een gloeilamp in serie met een TL-lamp van 40 W, bij een net van 220 V wisselspanning, ca 135 V. Bij het sluiten van de startercontacten echter komt nagenoeg de volle netspanning (alleen verminderd met het spanningsverlies in de twee gloeidraden van de TL-lamp) over de gloeilamp te staan, die dus bij het inschakelen sterk wordt overbelast.

De tweede moeilijkheid is dat wegens de afwezigheid van zelfinductie bij het opengaan van het contact het verbreken van de stroom nu geen spanningsstoot opwekt. Door de werking van de starter zijn alleen de electroden van de TL-lamp warm geworden, hetgeen weliswaar de ontsteekspanning heeft doen dalen, doch niet zover dat de ontsteking zonder hulp van een spanningsstoot betrouwbaar tot stand zal komen.

Indien de ontsteekspanning van de TL-lamp reeds bij koude electroden niet hoger was dan de top van de beschikbare wisselspanning, ofwel indien men maar over een voldoend grote wisselspanning beschikte, zou men van het vooraf verwarmen der electroden kunnen afzien en dus geen starter meer nodig hebben — wat op zichzelf natuurlijk al een voordeel is —, en bovendien zouden dan de beide genoemde bezwaren vervallen.

Nu bestaan er twee methoden waarbij men inderdaad over een voldoend hoge spanning beschikt. Bij beide wordt uit de netspanning een hogere spanning afgeleid, waarop normale TL-lampen direct kunnen ontsteken, met nog koude

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

electroden. Voor een lamp van bijv. 1,20 m lengte en 38 mm middellijn is daartoe een spanning van ca 400 V (effectieve waarde) nodig; voor langere en dunnere lampen gaat men zelfs tot 750 V.

De laatstgenoemde spanning wordt uit de netspanning verkregen door omhoog transformeren. Een groot gedeelte van deze spanning wordt, als de lamp brandt, opgenomen in een voorschakelapparaat, dat dus vrij groot en kostbaar moet zijn, terwijl de arbeidsfactor ongunstig is.

De tweede methode om uit de gegeven netspanning een hogere spanning te krijgen waarop de lamp kan ontsteken, maakt gebruik van een resonantieschakeling. Wegens de vrij hoge kosten van het voorschakelapparaat heeft deze methode tot dusverre weinig ingang gevonden.

Fluorescentielamp met lage ontsteekspanning (TL S-lamp)

Indien men er in zou slagen TL-lampen te vervaardigen met een ontsteekspanning die beneden de topspanning van een 220 V-net blijft, kon men de starter missen zonder tot de genoemde middelen zijn toevlucht te moeten nemen. Het is nu inderdaad gelukt, TL-lampen (van de normale afmetingen) met een voldoend lage ontsteekspanning te maken (TL S-lampen genaamd), en wel door op een nader te bespreken wijze aan de binnenzijde van de buiswand in de lengterichting een geleidende strip aan te brengen en deze strip electrisch met een der electroden te verbinden (*fig. 3*). De weerstand van de strip moet, naar we straks zullen zien, in de orde van een paar duizend ohm zijn.

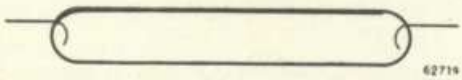


Fig. 3. Schematische doorsnede van de nieuwe TL-lamp (TL S-lamp) met geleidende strip op de binnenkant van het glas, die contact maakt met een van de electroden.

De werking moet men zich als volgt voorstellen. Na het inschakelen ontstaat eerst een glimontlading tussen het vrije einde van de strip en de naburige electrode (de veldsterkte is hier het grootst). De glimstroom loopt alleen gedurende de intervallen waarin de laatstgenoemde electrode negatief is ten opzichte van de strip. In ieder volgend glimstroom-interval breidt de ontlading zich wat verder uit in de richting van de electrode waarmee de strip is verbonden; ze neemt daarbij in intensiteit toe, daar er telkens minder weerstand van de strip is voorgeschakeld, en gaat ten slotte over in een boogontlading tussen de hoofdelectroden.

In overeenstemming met deze verklaring is het feit dat de nieuwe lamp zonder starter in serie met een smoorspoel minder goed ontsteekt dan in serie met een gloeilamp. De weerstand van de koude gloeilamp is te verwaarlozen ten opzichte van de weerstand van de strip, maar de impedantie van de smoorspoel is dit niet. Daardoor blijft bij gebruik van de smoorspoel de glimstroom kleiner en komt de overgang in een boog moeilijker tot stand dan in het geval van de gloeilamp.

De tijdsduur waarin de glimontlading zich ontwikkelt tot de normale ontlading tussen de hoofdelectroden, hangt af van de netspanning en van de weerstand van de strip, zoals *fig. 4* laat zien. Bij

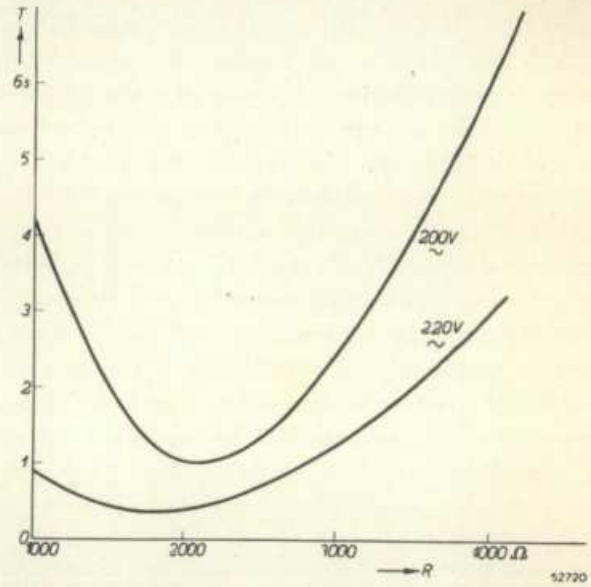


Fig. 4. Vertragingstijd T tussen het inschakelen en het ontsteken van een TL S-lamp van 40 W (in serie met een gloeilamp), als functie van de weerstand R van de strip, bij 220 V en 200 V wisselspanning van het net.

weerstandswaarden tussen 1500 en 2500 ohm, en 220 V netspanning, is de vertraging weinig van de weerstand afhankelijk, en gering : 0,4 tot 0,6 s, dus nauwelijks langer dan bij gebruik van een snel werkende starter (zie het in noot [2]) aangehaalde artikel). Bij een weerstand van 2000 ohm en 10% te lage netspanning is de vertraging ongeveer 1 s. Zelfs bij 180 V wisselspanning gaat de lamp nog branden binnen 10 s, wat men gewoonlijk beschouwt als de uiterste termijn. Er is dus een ruime marge voor netspanningsschommelingen.

Bij het kiezen van de beste weerstandswaarde dient men ook te letten op het verlies dat in de strip optreedt tijdens het branden van de lamp. Gedurende de intervallen waarin de strip positief is ten opzichte van de er niet mee verbonden electrode werkt ze als positieve sonde en loopt er dus stroom door. In de andere halve perioden trekt ze positieve ionen uit de ontlading tot zich, doch

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door de geringe beweeglijkheid van de ionen is dit effect veel kleiner dan het eerste. Het verlies in de strip blijkt ongeveer omgekeerd evenredig te zijn met de weerstand van de strip (zie *fig. 5*, kromme *1*). Om deze reden zou men de weerstand zo groot mogelijk wensen te maken, maar de zoëven genoemde vertraging stelt hieraan een grens. Als gemiddelde waarde voor de weerstand bij de TL S-lamp van 40 W hebben wij 2000 ohm gekozen, waarbij het verlies in de strip nog aannemelijk is (4,5 W).

Wanneer men de verbinding tussen de strip en de electrode verbreekt, blijkt het verlies in de strip aanmerkelijk kleiner te worden, zie kromme *2* in fig. 5. Dit is begrijpelijk, want de electronenstroom naar de strip moet nu op elk ogenblik gelijk zijn aan de positieve ionenstroom, die, zoals reeds boven is gezegd, klein is. Om van deze mogelijkheid tot vermindering der verliezen te profiteren, zou men in de lamp een bimetaal kunnen aanbrengen, dat in koude toestand de strip met de ene electrode verbindt (hetgeen, zoals we zagen, voor het ontsteken noodzakelijk is), doch dat door de warmteontwikkeling van de brandende lamp de verbinding verbreekt. Een klein nadeel van zulk een inrichting is, dat een lamp die zojuist nog heeft gebrand, niet direct opnieuw kan ontsteken, daar het bimetaal enige tijd nodig heeft om af te koelen en het contact te herstellen.

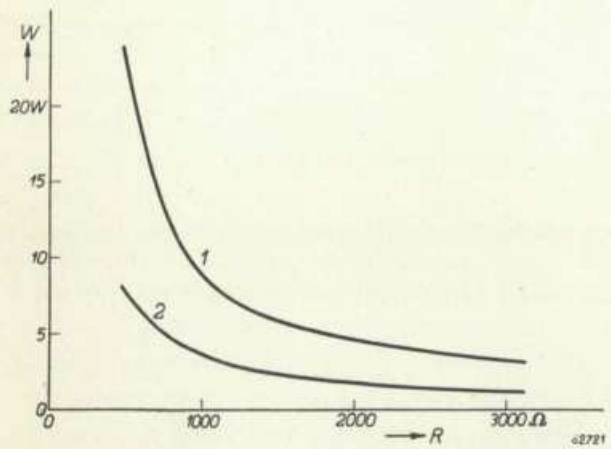


Fig. 5. Verlies W in de strip van een brandende TL S-lamp van 40 W, als functie van R, *1* indien de strip met een van de electroden is verbonden, *2* bij niet-verbonden strip.

Ten slotte willen wij nog even vermelden hoe wij het verlies in de strip hebben gemeten. Wij hebben daartoe aan proeflampen zonder strip en met strip de lichtstroom bepaald als functie van het wattverbruik. De strippen van deze lampen hadden verschillende weerstand, en bovendien waren ze voorzien van een afzonderlijke doorvoering, om ook te kunnen meten met niet-aangesloten strip. Als resultaat vonden wij ongeveer evenwijdige rechten, waaruit het gezochte verlies gemakkelijk is af te leiden (*fig. 6*).

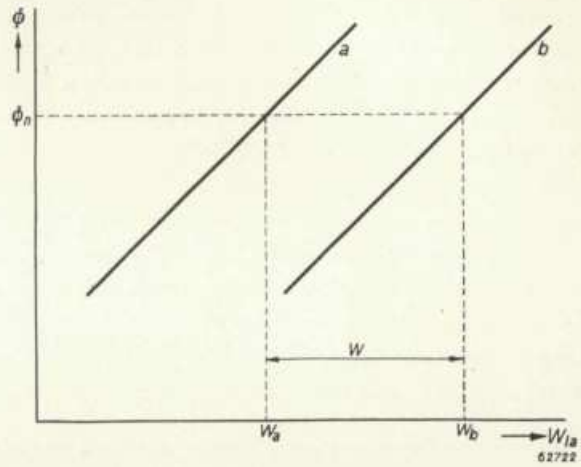


Fig. 6. Bepaling van het verlies W in de strip. Gemeten is de lichtstroom Φ van verschillende proeflampen als functie van het in de lamp verbruikte vermogen W_{la}. Op de strip na zijn de lampen onderling zo goed mogelijk identiek gemaakt. *a* geeft $\Phi = f(W_{la})$ voor een lamp zonder strip, *b* voor een lamp met een bepaalde strip. Bij $W_{la} = W_a$, resp. W_b, geven zij de normale lichtstroom Φ_n. $W = W_b - W_a$ is het gezochte verlies in de strip.

De electroden

De electroden van de TL S-lampen hebben bij het inschakelen meer te verduren dan die van een normale TL-lamp. Deze laatste ontsteekt immers pas als de electroden warm zijn en dus goed kunnen emitteren. De TL S-lamp echter ontsteekt al met electroden die nog bijna koud zijn. Bovendien veroorzaakt de glimstroom, die tussen het inschakelen en het overgaan in de boog optreedt, een bombardement van snelle ionen op de kathode.

Om haar hiertegen bestand te maken, hebben wij de TL S-lamp voorzien van bijzondere electroden. Deze bestaan uit een spiraal waarin een grotere hoeveelheid emitterend materiaal kan worden opgeborgen dan in de spiralen die bij normale TL-lampen gebruikelijk zijn, en verder bevindt zich om de spiraal heen hetzij een metalen ring, hetzij een nauwsluitend cylindertje, dat aan de buitenzijde de ionen, en van binnen eventueel verstoven of verdampt emittermateriaal opvangt. Dank zij deze maatregelen wordt dezelfde gemiddelde levensduur bereikt als bij een normale TL-lamp.

Werking op gelijkstroom

Op de nog hier en daar voorkomende gelijkstroomnetten van 220 V worden wel eens normale TL-lampen gebruikt, die dan natuurlijk moeten zijn voorzien van een voorschakelweerstand, bijv.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een gloeilamp. Ook is een gelijkstroom-starter nodig, benevens een smoorspoeltje (dit laatste alleen om bij het opengaan van het startercontact een spanningsimpuls te leveren). Maar er is nog een complicatie. Tijdens het branden bewegen de positieve ionen, i.c. kwik-ionen, zich gemiddeld naar de kathode. Bij de hier constante stroomrichting verplaatst het kwik zich dus geleidelijk naar de omgeving van de kathode. Na ongeveer 10 uur branden is er in de anodehelft nog maar zo weinig kwikdamp aanwezig (waaraan de ultraviolette straling is te danken, die door de fluorescerende stoffen op de wand wordt omgezet in licht) dat de buis daar bijna geen licht meer geeft. De ontlading wordt dan in dit gedeelte van de lamp gedragen door argon, maar dit gas geeft slechts weinig straling waarvoor de fluorescerende stoffen gevoelig zijn. Om deze reden wordt de netschakelaar wel zo uitgevoerd dat bij iedere keer inschakelen de polariteit wordt omgekeerd.

De TL S-lampen blijken op 220 V gelijkspanning goed te ontsteken, mits de strip aan de positieve pool van het net ligt. De starter en de smoorspoel, die bij een gewone TL-lamp nodig zijn, kan men nu missen, maar de noodzakelijkheid van nu en dan ompolen blijft bestaan. Om de lamp bij beide polariteiten te laten ontsteken, moet ze zijn voorzien van twee strippen, de ene verbonden met de ene, de andere met de andere electrode.

Zulk een gelijkstroomlamp, met twee strippen, kan ook op wisselstroom branden, maar heeft dan een tweemaal zo groot verlies in de strippen als een wisselstroomlamp (met één strip van dezelfde weerstand).

Fabricage van de TL S-lamp

De strip bestaat uit een mengsel van grafiet en een email, welk mengsel op de volgende wijze wordt aangebracht. Door de horizontaal gehouden glazen buis waaruit de lamp moet worden gemaakt, en die reeds is voorzien van de fluorescerende laag, beweegt men een wieltje. Dit loopt met zijn onderzijde door een dik-vloeibaar mengsel van grafiet, email en een bindmiddel, terwijl het met zijn bovenzijde langs de binnenkant van de buis rolt en zodoende de strip „tekent". De samenstelling van het mengsel en de dikte van opbrengen worden zo geregeld dat de weerstand van de circa 120 cm lange en 2 mm brede strip na de verdere behandeling de bovenvermelde waarde van ongeveer 2000 ohm aanneemt. Vervolgens wordt de buis onderworpen aan een sinterproces, hetgeen nodig is voor het prepareren van de fluorescerende laag. Hierbij ontwijkt het bindmiddel uit de strip, terwijl het email smelt en de strip aan de buiswand vastbakt.

Daarna wordt aan één zijde van de buis een brugje met de er op gemonteerde electrode ingesmolten. Eén pool van de electrode [3]) draagt een chroomijzeren bladveer (met een uitzettingscoëfficient gelijk aan die van het glas), die contact maakt met de strip als bij het insmelten het glas van de

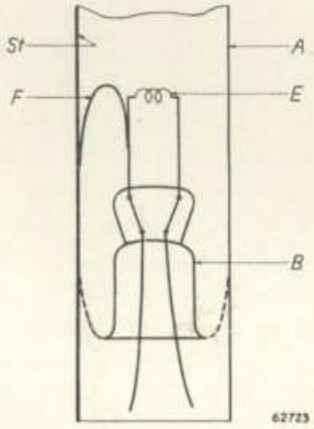


Fig. 7. *A* glazen buis met fluorescerende stoffen en geleidende strip (*St*) op de binnenkant. *B* brugje met electrode *E* en chroomijzeren contactveer *F*.

buis iets naar binnen valt en de in *fig.* 7 aangegeven vorm aanneemt. Hierbij wordt tevens het email week, zodat bij het afkoelen de veer er in vastbakt. In plaats van de chroomijzeren veer kan men ook een bimetaal aanbrengen dat in koude toestand wel, maar in warme toestand geen contact met de strip maakt, zoals boven al werd besproken, of men kan ergens tussen de veer en de electrode een bimetaalcontact aanbrengen.

Aan het andere einde van de buis wordt een brugje zonder contactveer ingesmolten (tenzij het een gelijkstroomlamp betreft en er dus twee strippen moeten worden aangebracht). Daarna kan de lamp verder op de normale wijze worden afgewerkt.

Veiligheidslampvoet en -houder

Daar de TL S-lamp, in tegenstelling tot een gewone TL-lamp, op 220 V reeds zonder tussenkomst van een starter stroom doorlaat, moeten bijzondere maatregelen worden genomen om te voorkomen dat bij het inzetten van de lamp ongelukken zouden kunnen gebeuren. Indien namelijk de lamp met het ene einde in de lamphouder wordt gezet en men zou, terwijl de

[3]) Hoewel voor het normale bedrijf van een TL S-lamp — in tegenstelling tot een gewone TL-lamp — per electrode slechts één doorvoer nodig is, zijn toch beide zijden van de electroden uitgevoerd, om bij het verdere fabricageproces de electroden te kunnen verhitten, met het oog op het ontgassen en het prepareren van de emitter.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

netschakelaar gesloten is, het contact aan het andere einde van de lamp met de hand aanraken, dan kan, als men bovendien zelf min of meer geaard is, een stroom door het lichaam gaan lopen (de glimstroom van de strip) die gevaarlijk kan zijn. Deze situatie zal wel uiterst zelden voorkomen, daar voor het goed inzetten van de lamp — aangenomen dat deze is voorzien van normale TL-voeten — beide lampvoeten in de houders moeten worden geplaatst en daarna de lamp om haar as moet worden gedraaid, vóórdat er spanning op de contacten van de lamp kan komen te staan. Doch het zou bij een lamp met deze voeten inderdaad mogelijk zijn, één voet in de houder te zetten, de lamp te draaien, en de pennen aan het andere einde beet te pakken, waardoor de beschreven toestand zich kan voordoen.

Er is dan ook gezocht naar een methode om te voorkomen dat een dergelijk ongeluk kan optreden. *Fig. 8* geeft een foto van de nieuwe lampvoet en -houder. De isolerende voet heeft een sleuf, waarin het contact — de TL S-lamp heeft immers aan elke kant slechts één contact nodig — zo diep is verzonken dat het met de zg. normaalvinger (een metalen staafje van gestandaardiseerde afmetingen, in de vorm van een vinger, en gebruikt om te onderzoeken of een onder spanning staand punt met de vinger kan worden aangeraakt)

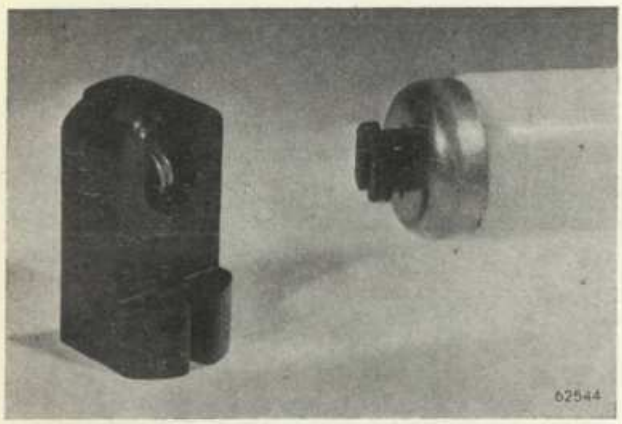


Fig. 8. Rechts: TL S-lamp met veiligheidslampvoet. Links de bijbehorende lamphouder.

onbereikbaar is. Bovendien is de houder zo ingericht dat de keten pas wordt gesloten na draaien van de lamp. Bij een lamphouder zonder lamp staat het lamphoudercontact dus niet onder spanning.

Door deze maatregelen is het inzetten van een TL S-lamp volkomen veilig.

Armatuur

In *fig. 9* is een armatuur afgebeeld die twee TL S-lampen van 40 W en de twee bijbehorende gloeilampen [4]) bevat. Op 220 V wisselspanning leveren deze vier lampen tezamen een lichtstroom van 5600 lm bij een verbruik van 215 W. *Fig. 10* geeft een foto van het gebruik van deze armaturen in de praktijk.

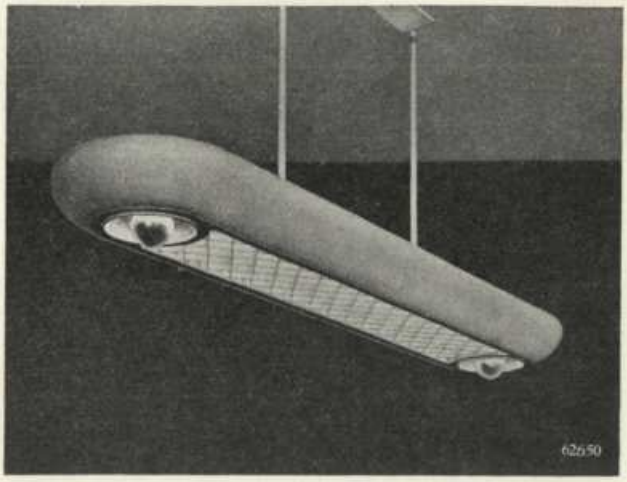


Fig. 9. Armatuur (type XA 240) van „Plastocel" met twee TL S-lampen van 40 W en twee gloeilampen.

De armatuur bestaat uit „Plastocel" (een goed diffuserend en afwasbaar vezelmateriaal) en een metalen geraamte, dat, dank zij de afwezigheid van zware onderdelen, zoals smoorspoelen, zeer licht kon worden gehouden. Daar de lichtstroom van de beide gloeilampen door reflectoren benedenwaarts wordt geworpen, krijgt men op een werkvlak onder de armatuur een grotere verlichtingssterkte dan bij een gewone TL-armatuur met dezelfde totale lichtstroom. De TL S-lampen zorgen in hoofdzaak voor de diffuse verlichting. *Fig. 11* geeft de verdeling van de verlichtingssterkte op een werkvlak dat 2,5 m beneden de armatuur ligt. Voor de verlichting van winkels bijv. is deze verdeling zeer gunstig gebleken.

We merken nog op dat de bedrading in de armatuur, wegens de eenpolige eindcontacten van de TL S-lampen en de afwezigheid van starters, zeer eenvoudig is.

Flikkeren

De asymmetrie in de wisselstroom-uitvoering van de TL S-lamp — die ontstaat doordat met één der electroden een geleidende strip is verbonden — heeft ten gevolge dat de gemiddelde lichtstroom in

[4]) Voor wisselstroomnetten van 220 V is een gloeilamp voor 135 V, 0,5 A nodig, voor gelijkstroomnetten van 220 V een gloeilamp voor 110 V, 0,36 A. Daar deze gloeilampen zijn blootgesteld aan relatief grotere spanningsfluctuaties dan gloeilampen die rechtstreeks op een net zijn aangesloten, moeten hier lampen van een speciaal type worden gebruikt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de ene halve periode iets verschilt van die in de andere halve periode. Hierdoor heeft het flikkeren, dat iedere op wisselstroom brandende lamp vertoont, als grondfrequentie niet het dubbele van de netfrequentie, maar de netfrequentie zelf. Hoewel deze lichtfluctuatie met de netfrequentie slechts een geringe amplitude heeft, is het effect merkbaar, daar het oog voor flikkeren met 50 Hz veel gevoeliger is dan voor flikkeren met 100 Hz. Gebruikt men twee TL S-lampen in één armatuur, zoals die van fig. 9, dan kan men de lampen zo in de houders zetten dat de strippen met verschillende polen van het net worden verbonden (aan de lamp is te zien, met welk einde de strip is verbonden). De beide flikkeringen met de netfrequentie compenseren elkaar dan, zodat alleen het normale, niet waarneembare flikkeren met de dubbele frequentie overblijft.

Fig. 10. Zaal in het hoofdkantoor van Philips te Eindhoven, verlicht met armaturen XA 240 (fig. 9.)

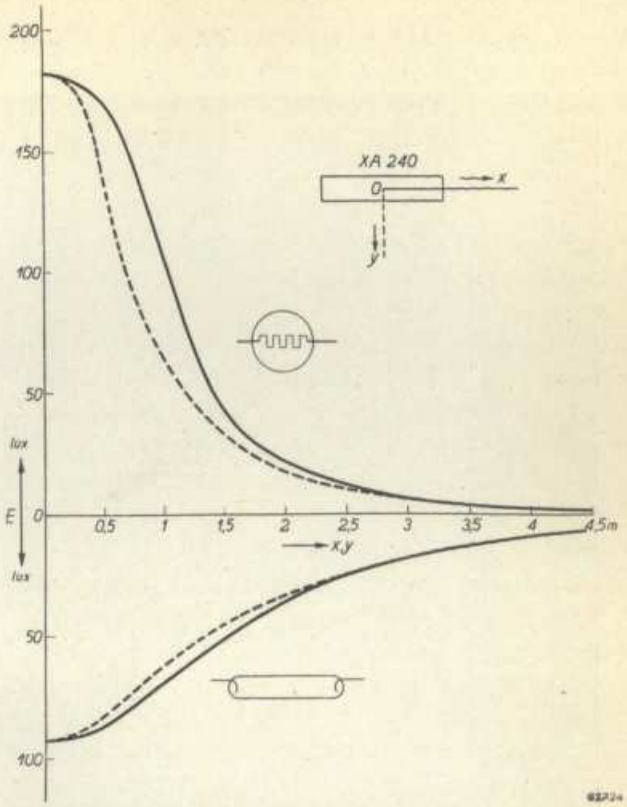


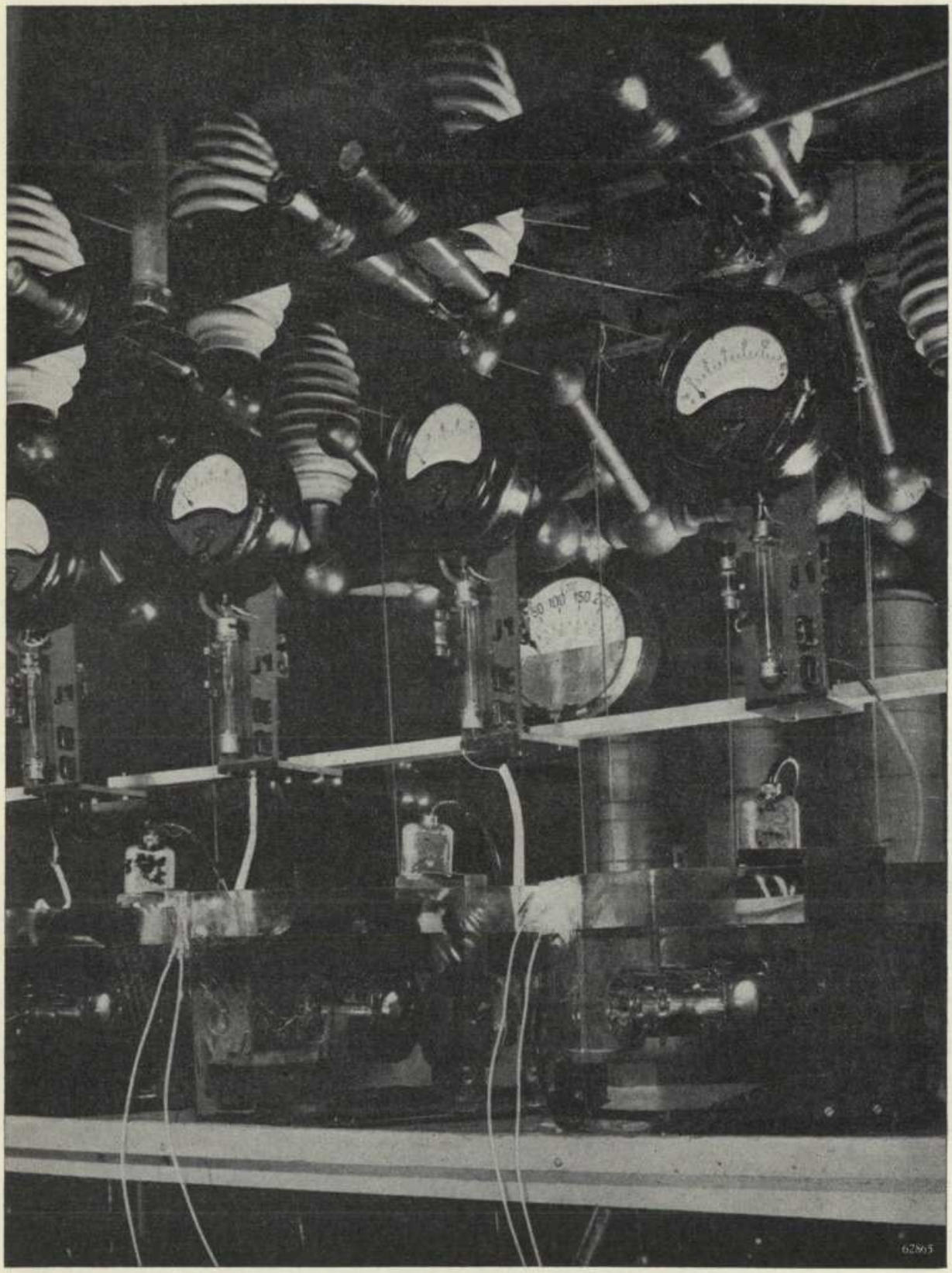
Fig. 11. Verlichtingssterkte E (bij een lichtstroom van 5600 lm) op een werkvlak 2,5 m onder een armatuur XA 240, als functie van de afstand x, y tot het centrum, evenwijdig aan de lengterichting (getrokken), resp. loodrecht daarop (gestippeld). De bijdrage van de gloeilampen is naar boven uitgezet, die van de TL S-lampen naar beneden; de afstand tussen de krommen is dus een maat voor de gezamenlijke verlichtingssterkte. Recht onder de armatuur heeft men 280 lux, nl. 185 lux van de gloeilampen en 95 lux van de TL S-lampen. Reeds op vrij geringe afstand buiten het midden is de bijdrage van de TL S-lampen groter dan die van de gloeilampen.

Samenvatting. Het heeft soms voordelen, het voorschakelapparaat van buisvormige fluorescentielampen (TL-lampen) voor 220 V wisselspanning te vervangen door een speciale gloeilamp, o.a. omdat deze laatste goedkoper en lichter is. Doet men dit bij gewone TL-lampen, in de gebruikelijke schakeling met starter, dan stuit men op de moeilijkheid dat de gloeilamp bij het inschakelen telkens sterk wordt overbelast, en dat bovendien de ontsteking onbetrouwbaar wordt. Aan deze bezwaren wordt tegemoet gekomen door een nieuwe lamp (TL S-lamp), waarin langs de binnenzijde van het glas een geleidende strip (weerstand circa 2000 ohm) is aangebracht, die met een der electroden is verbonden. Deze lamp heeft een ontsteekspanning die, bij koude electroden, zo laag is dat de lamp zonder spanningsstoot op 180 V wisselspanning nog betrouwbaar ontsteekt. Men heeft dus geen starter nodig. Bij 220 V brandt de lamp binnen 0,4 tot 0,6 s na het inschakelen. Voor gelijkstroomnetten van 220 V is een speciale uitvoering nodig, met twee strippen, die ieder met een electrode zijn verbonden. — De lampvoeten en -houders zijn zo geconstrueerd dat ook bij het inzetten van de lamp geen onder spanning staande delen kunnen worden aangeraakt. Beschreven wordt een armatuur van „Plastocel" met twee TL S-lampen van 40 W en twee gloeilampen; de vier lampen tezamen leveren 5600 lumen en verbruiken 215 W.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

HET BEPROEVEN VAN „ROTALIX"-RÖNTGENBUIZEN



In deze installatie worden vier röntgenbuizen tegelijk beproefd, dwz. aan belastingen met verschillende spanning, stroom en tijdsduur onderworpen. De buizen, waarvan er drie op de foto zichtbaar zijn, bevinden zich in de met olie gevulde glazen bakken onderaan (ook in het gebruik zijn de buizen onder olie gemonteerd). Met de vier meters worden de buisstromen gecontroleerd, terwijl de onder elke meter zichtbare glimlichtbuis als indicator dient voor een eventuele in de röntgenbuis optredende doorslag of andere storing. De hoogspanning, de gloeispanning en de gloeistroom worden op afzonderlijke, hier niet zichtbare meters afgelezen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE KLEURENDRIEHOEK

door W. de GROOT en A. A. KRUITHOF. 535.617

De bij dit artikel gevoegde gekleurde plaat is een reproductie van een schilderij in olieverf voorstellende het kleurenvlak in C.I.E.-coördinaten. Ter toelichting wordt een kort résumé gegeven van het ontstaan van de kleurenruimte en van het kleurenvlak.

De begrippen helderheid (luminantie) en kleur

Een lichtend vlak dat per eenheid van oppervlakte en per eenheid van ruimtehoek en per tijdseenheid in het golflengtegebied $\lambda \rightarrow \lambda + \Delta\lambda$ een energie $E(\lambda)\Delta\lambda$ uitzendt in de richting van het oog, heeft per definitie een helderheid (luminantie)

$$L = K \int E(\lambda) V(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin moet de integratie worden uitgestrekt over het gehele spectrum der electromagnetische straling ($0 < \lambda < \infty$). K is het fotometrisch stralingsequivalent (ca 650 lm/W) en $V(\lambda)$ de ooggevoeligheidsfunctie. De functie $V(\lambda)$, die slechts in het interval 400 mμ $< \lambda <$ 780 mμ van nul verschillende waarden aanneemt, is een gemiddelde, afgeleid uit fotometrische proeven met een groot aantal proefpersonen, en in 1927 vastgelegd door de Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.).

Twee lichtende vlakken, met spectrale verdelingen $E_1(\lambda)$ resp. $E_2(\lambda)$, worden even helder genoemd indien

$$\int E_1(\lambda)\, V(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda = \int E_2(\lambda)\, V(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda. \quad . \quad (2)$$

Voor een waarnemer wiens individuele ooggevoeligheid $V_{\mathrm{ind}}(\lambda)$ met $V(\lambda)$ overeenstemt, zullen ze er ook even helder uitzien.

Formule (1), waaruit L kan worden berekend als $E(\lambda)$ bekend is, stelt ons ook in staat de helderheden van lichtende vlakken objectief te vergelijken. Men behoeft slechts een fotocel te voorzien van een zodanig filter dat de gevoeligheid voor stralingen van verschillende golflengte op dezelfde wijze van λ afhangt als $V(\lambda)$; de stroom die door de fotocel vloeit als deze door het lichtende vlak wordt beschenen, is dan een maat voor $\int E(\lambda)\, V(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda$ en dus ook voor de helderheid L.

Behalve door berekening en door de beschreven meting met behulp van een fotocel kan men helderheden ook langs subjectieve weg vergelijken, volgens bekende fotometrische methoden, indien men althans beschikt over een waarnemer wiens individuele ooggevoeligheid overeenstemt met de genormaliseerde ooggevoeligheidsfunctie $V(\lambda)$. Men maakt dan feitelijk gebruik van formule (2), waarin bijv. E_1 evenredig is met de spectrale energie van het te meten lichtende vlak en E_2 betrekking heeft op een, door de standaardlichtbron verlicht, volkomen reflecterend vlak, waarmee het eerste vlak vergeleken wordt.

Er bestaat een zekere uiterlijke analogie tussen de wiskundige omschrijving van het begrip „helderheid" (formule (1)) en die van het begrip „kleur".

Onderzoek heeft namelijk geleerd dat de kleur van een lichtend vlak volledig gekarakteriseerd kan worden door drie getallen, die men aanduidt met X, Y en Z, waarbij

$$\left.\begin{aligned} X &= \int E(\lambda)\, \bar{X}(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda, \\ Y &= \int E(\lambda)\, \bar{Y}(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda, \\ Z &= \int E(\lambda)\, \bar{Z}(\lambda)\, \mathrm{d}\lambda. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Deze integralen zijn van hetzelfde karakter als de integraal (1), zelfs is $\bar{Y}(\lambda)$ identiek met $V(\lambda)$, zodat Y, op een factor na, tevens de helderheid L voorstelt. De functies $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$ (de zg. distributiekrommen voor het „spectrum van constante energie") zijn in 1931 door de C.I.E. genormaliseerd naar aanleiding van uitgebreide onderzoekingen aan de ogen van een groot aantal proefpersonen. Zij hebben voor iedere λ een positieve waarde en zijn in *fig. 1* grafisch voorgesteld [1]).

Van twee lichtende vlakken *1* en *2* wordt gezegd dat ze dezelfde kleur hebben (ononderscheidbaar zijn) als

$$X_1 = X_2, \quad Y_1 = Y_2, \quad Z_1 = Z_2\,.$$

[1]) Wij hebben, in navolging van P. J. Bouma, voor deze functies de notatie $\bar{X}$, $\bar{Y}$, $\bar{Z}$ (met hoofdletters) ingevoerd, omdat deze ons logischer voorkomt dan de gebruikelijke notatie $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ (met kleine letters).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

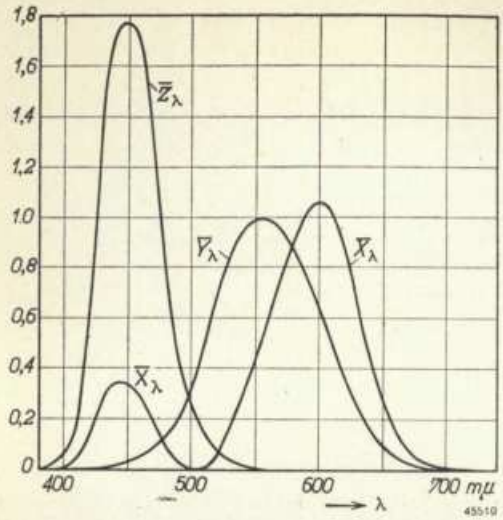


Fig. 1. De functies $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$ (de zg. spectrale distributiekrommen voor het „spectrum van constante energie").

Stelt men zich op het standpunt dat de theorie van Young en Helmholtz juist is, volgens welke het kleuren zien tot stand komt door drie soorten in het netvlies aanwezige receptoren, met hypothetische spectrale gevoeligheden $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ en $B(\lambda)$, dan moeten de functies $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$ lineaire combinaties zijn van $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ en $B(\lambda)$. Over de coëfficienten in deze lineaire betrekkingen en dus ook over het verloop van de functies $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ en $B(\lambda)$ bestaat nog steeds enige onzekerheid.

De onderlinge afwijkingen van de met $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$ overeenkomende functies van verschillende proefpersonen zijn betrekkelijk klein, als men ten minste bepaalde groepen van personen, de zg. protanomalen en deuteranomalen, buitensluit, die wèl sterke systematische afwijkingen vertonen. Zulke waarnemers zijn niet geschikt voor het verrichten van subjectieve colorimetrische metingen die voor normalen moeten gelden.

Dat de individuele ooggevoeligheidsfunctie $V_{ind}(\lambda)$ van verschillende, colorimetrisch normale, waarnemers veel sterker afwijkt van het gestandaardiseerde gemiddelde $V(\lambda)$ dan de individuele functie die aan $\bar{Y}(\lambda)$ beantwoordt, is niet in strijd met de bewering dat $V(\lambda)$ en $\bar{Y}(\lambda)$ identiek zijn. Men mag $V_{ind}(\lambda)$ namelijk beschouwen als te zijn opgebouwd uit de functies $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ en $B(\lambda)$ en dus ook uit de functies $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$:

$$V_{ind}(\lambda) = a\bar{X}(\lambda) + b\bar{Y}(\lambda) + c\bar{Z}(\lambda),$$

waarin voor $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$ de gestandaardiseerde functies mogen worden genomen en de coëfficienten a, b en c van persoon tot persoon verschillend zijn [2]). Gemiddeld is $a = c = 0$ en $b = 1$.

De getallen X, Y en Z, die de kleur karakteriseren, kunnen, evenals L, op verschillende wijze bepaald worden.

In de eerste plaats kan men, als $E(\lambda)$ gemeten is, X, Y en Z volgens de formules (3) berekenen.

In de tweede plaats kan men X, Y en Z door een objectieve meting bepalen, namelijk als men beschikt over een drietal fotocellen, ieder van een zodanig filter voorzien, dat de gevoeligheden van de combinaties evenredig zijn met resp. $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$ en $\bar{Z}(\lambda)$. Dergelijke objectieve colorimetrische meetmethoden zijn ook inderdaad in gebruik.

Ten slotte kan men X, Y en Z ook subjectief bepalen, door in een daarvoor geschikt instrument (colorimeter) de kleur van het te onderzoeken oppervlak ononderscheidbaar te maken van die van een tweede, wit, vergelijkingsoppervlak, dat verlicht wordt door een additief mengsel van drie gekleurde standaardlichtbronnen die het elk op zichzelf de helderheid L_1 resp. L_2 en L_3 verlenen. X, Y en Z kunnen dan op eenvoudige wijze worden berekend uit de drie helderheden L_1, L_2 en L_3, of, volgens bij het instrument geleverde tabellen of grafieken, worden gevonden uit de instellingen a_1, a_2 en a_3 van de regelknoppen waarmede L_1, L_2 en L_3 op de juiste waarden worden gebracht.

De kleurenruimte

Heeft men voor een aantal kleuren de waarden van X, Y en Z bepaald, dan kan men zich voorstellen dat die waarden worden uitgezet als coördinaten in een drieassig coördinatenstelsel. Men zegt dan dat men deze kleuren heeft afgebeeld in een kleurenruimte. Een bijzondere rol spelen in de kleurenruimte die kleuren, welker representatieve punten liggen op een willekeurige lijn door de oorsprong. Men krijgt zo'n reeks kleuren te zien als men een gekleurd oppervlak nadert met een witte lichtbron (of omgekeerd een „wit" oppervlak met een gekleurde lichtbron); dan neemt de door het oppervlak teruggekaatste hoeveelheid straling $E(\lambda)$ toe naarmate de lichtbron dichterbij komt, terwijl de verhoudingen $X : Y : Z$ niet veranderen. In huiselijke taal zegt men dat bij het naderen van de lamp het vlak niet van „kleur" verandert, doch alleen helderder wordt. Wij geven er echter de voorkeur aan, ook twee kleuren die slechts in helderheid verschillen, „verschillend" te noemen, en we zullen voor datgene wat bij de beschreven proef niet verandert de naam „kleursoort" invoeren. Wij kunnen dan de genoemde proef beschrijven met de woorden: de kleuren die ontstaan als men met een lamp een oppervlak nadert verschillen in helderheid, maar behoren tot dezelfde kleursoort.

Het kleurenvlak

Daar drie grootheden een kleur volledig bepalen, is het duidelijk dat om een kleursoort vast te leggen, twee getallen voldoende zijn. Men neemt hiervoor twee van de drie grootheden x, y en z, die bepaald zijn door:

[2]) H. de Vries, Physica **14**, 319-366, 367-380, 1948; Ned. T. Natuurk. **13**, 179-192, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z}, \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z}, \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (4)$$

waarbij dus

$$x + y + z = 1.$$

Het feit dat twee getallen voldoende zijn, nodigt er toe uit de kleursoorten af te beelden op een plat vlak. Zet men bijv. x en y als coördinaten uit in een rechthoekig assenstelsel, dan liggen alle kleurpunten [3]) zeker besloten binnen de driehoek, bepaald door de x-as ($y = 0$), de y-as ($x = 0$) en de rechte lijn $x + y = 1$. Immers, daar $\overline{X}(\lambda)$, $Y(\lambda)$ en $Z(\lambda)$ voor iedere λ positief zijn, en dus ook de grootheden X, Y en Z, kan geen enkele van de drie grootheden x, y en z negatief worden.

Men kan nu allerlei kleursoorten in het vlak localiseren. Onder andere kan men voor iedere monochromatische straling met golflengte λ het kleurpunt aangeven. Dan geldt namelijk $X : Y : Z = \overline{X}(\lambda) : Y(\lambda) : Z(\lambda)$, waaruit men voor iedere λ de bijbehorende x en y kan berekenen. Verbindt men de verkregen punten door een kromme, dan krijgt men de zg. „kromme der spectrale kleuren" (beter: spectrale kleursoorten), die inderdaad geheel binnen de bovenbedoelde driehoek is gelegen, waarvan zij de zijden op twee plaatsen raakt. De kromme heeft de vorm van een hoefijzer (fig. 2).

De mengwet

Een merkwaardige eigenschap van het kleurenvlak, die een rechtstreeks gevolg is van de eigenschappen van het oog, vastgelegd in formule (3), is de volgende. Als men een wit vlak verlicht met twee gekleurde lichtbronnen tegelijk, en dus, zoals men zegt, de kleuren die bij aanwezigheid van telkens slechts één lichtbron zouden bestaan, additief mengt, dan ligt het resulterende kleurpunt in het kleurenvlak op de verbindingslijn van de kleurpunten der componenten. De juiste plaats van het kleurpunt van het mengsel op de verbindingslijn kan worden afgeleid uit de bekende zwaartepuntsregel, mits men aan ieder van de samenstellende kleuren de grootheid $X + Y + Z$ als „gewicht" toekent (vgl. formule (4)).

Hieruit volgt, dat de kleurpunten van alle realiseerbare kleursoorten liggen binnen de figuur die gevormd wordt door de „kromme der spectrale kleuren" en de rechte lijn die de uiteinden dezer kromme verbindt. Op deze rechte lijn, de zg. purperlijn, liggen de kleurpunten van de kleursoorten die ontstaan als men het uiterste spectrale rood en het uiterste spectrale violet additief mengt.

Twee kleursoorten die, in een geschikte verhouding gemengd, de kleursoort wit (waarvoor per definitie $x = {}^1/_3$, $y = {}^1/_3$) opleveren, noemt men complementair. In het bijzonder is iedere kleursoort op de purperlijn complementair met een spectrale kleursoort ($494\ \text{m}\mu < \lambda < 570\ \text{m}\mu$).

Een gegeven kleursoort kan men steeds beschouwen als een mengsel van het bovengenoemde wit met een spectrale kleursoort of met een kleur op de purperlijn. Het quotient van de hiertoe vereiste helderheid van de spectrale kleursoort (resp. de kleur op de purperlijn) en de totale helderheid van de gegeven kleursoort heet de verzadigingsgraad p. De golflengte van de spectrale kleursoort die men met wit moet mengen om de gegeven kleursoort na te bootsen, noemt men de dominerende golflengte. Voor de purperkleuren kiest men hiervoor de golflengte van de complementaire spectrale kleur. Ter onderscheiding wordt deze voorzien van een minteken.

Het realiseren van het kleurenvlak

Als men eenmaal weet dat een punt x, y in het kleurenvlak een bepaalde kleursoort voorstelt, zou men ook wel graag willen weten hoe die kleursoort er uitziet.

Ten einde een indruk te geven van de verdeling van de kleursoorten over het kleurenvlak, zou men gekleurde papiertjes (bijv. kleurmonsters uit de Munsell-atlas) op de hun toekomende plaats in het kleurenvlak kunnen plakken.

Ook kan men van een aantal olieverven de kleurpunten bepalen en op de juiste plaatsen plekjes van die verf in het kleurenvlak aanbrengen. Is dit eenmaal geschied, dan kan men trachten met behulp van passende verven ook de tussengelegen kleursoorten te realiseren, en zo het gehele kleurenvlak vol te maken. De bijgevoegde gekleurde plaat is een reproductie van het resultaat van een dergelijke poging [4]).

Natuurlijk is het resultaat niet vrij van gebreken; toch geeft de figuur, op een afstand gezien, een redelijke indruk van de wijze waarop de kleursoorten over het kleurenvlak zijn verdeeld.

In één opzicht is de figuur zeker onjuist. Indien

[3]) Kortheidshalve gebruiken wij, ook voor het kleurenvlak, het woord kleurpunt, hoewel wij eigenlijk zouden moeten spreken over kleursoortpunt.

[4]) Wij zijn de Heer A. R. W. Muijen van dit laboratorium erkentelijk voor de wijze waarop hij zich van deze taak heeft gekweten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

men namelijk zeer verzadigde kleuren wil weergeven, moet men verven nemen die slechts in een zeer smal spectraalgebied een van nul verschillend reflectievermogen vertonen. Deze kleuren zouden dus, in vergelijking met minder verzadigde kleuren, er zeer donker uitzien. Met de gebruikelijke verven komt men, uitgaande van wit, daarom niet veel verder dan ongeveer halverwege de grens van het kleurengebied. Alleen in het geel en violet is het mogelijk met olieverf kleursoorten nabij de grens behoorlijk weer te geven. Terwille van de totaal-indruk heeft de schilder echter de figuur overal tot de rand gevuld, zij het met kleuren die in verzadiging te kort schieten.

Het is nog gewenst er op te wijzen, dat men de reproductie bij daglicht moet bekijken omdat de berekening der kleurpunten der opgebrachte verven voor verlichting met daglicht is geschied.

Ter verdere orientatie in de plaat is in *fig. 2* een lijntekening van de kleurendriehoek afgedrukt waarin de waarden van x en y zijn aangegeven, alsmede de golflengten van de spectrale kleursoorten en, op de purperlijn, de golflengten van de spectrale kleursoorten die met de purperkleuren complementair zijn. Bovendien zijn de lijnen van constante dominerende golflengte en de lijnen van constante verzadigingsgraad p getekend.

Het aantal kleursoorten

Bij het instellen van een colorimetrische gelijkheid tussen twee kleuren *1* en *2*, waarbij bijv. *1* een gegeven kleur is en *2* een regelbaar additief mengsel van drie „grondkleuren", zal men er naar streven te bereiken dat

$$X_1 = X_2, \quad Y_1 = Y_2, \quad Z_1 = Z_2 .$$

In de practijk zullen echter beide helften van het gezichtsveld in de colorimeter reeds ononderscheidbaar zijn terwijl er nog een verschil (uitgedrukt door ΔX, ΔY en ΔZ) tussen beide velden

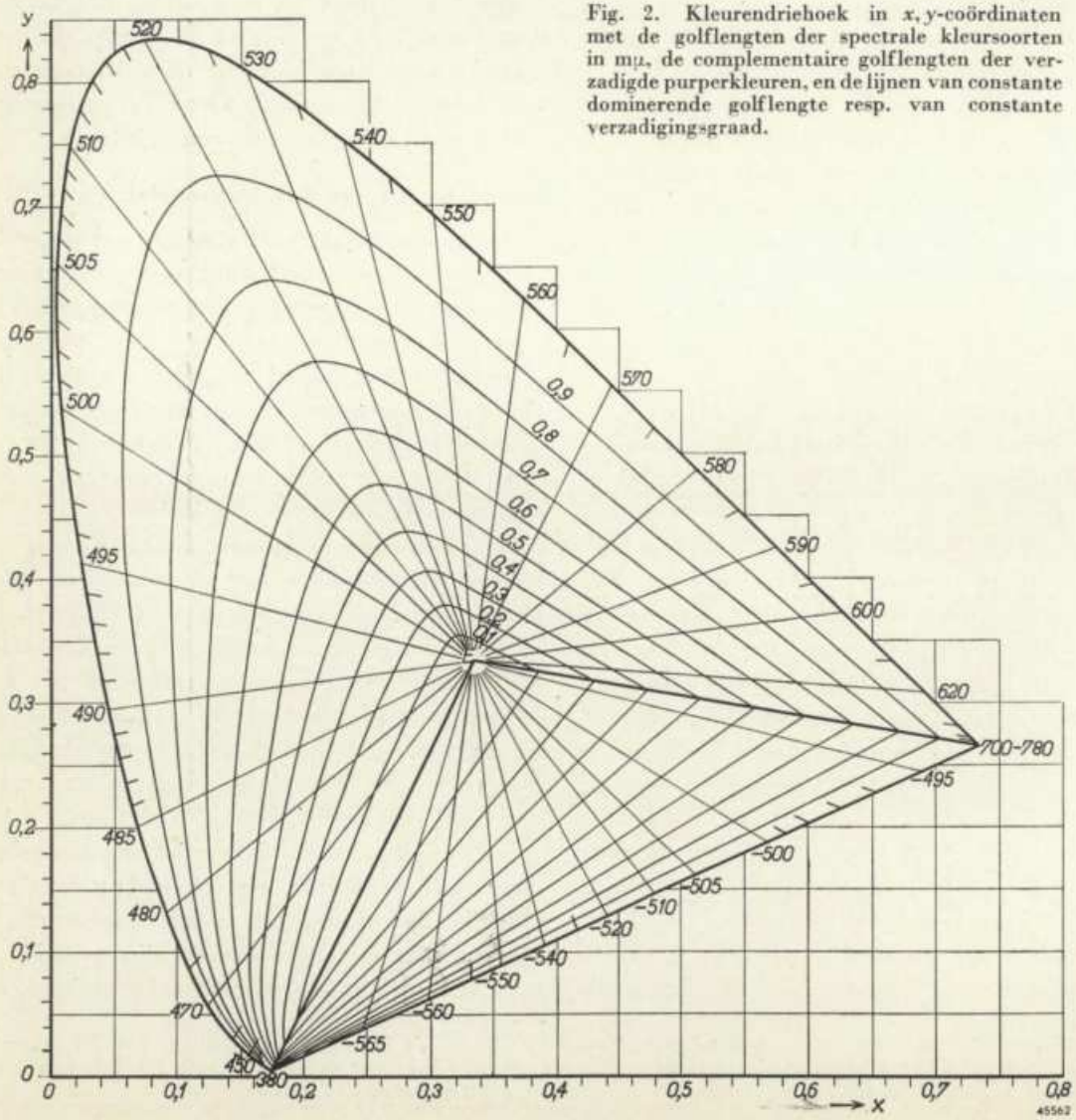
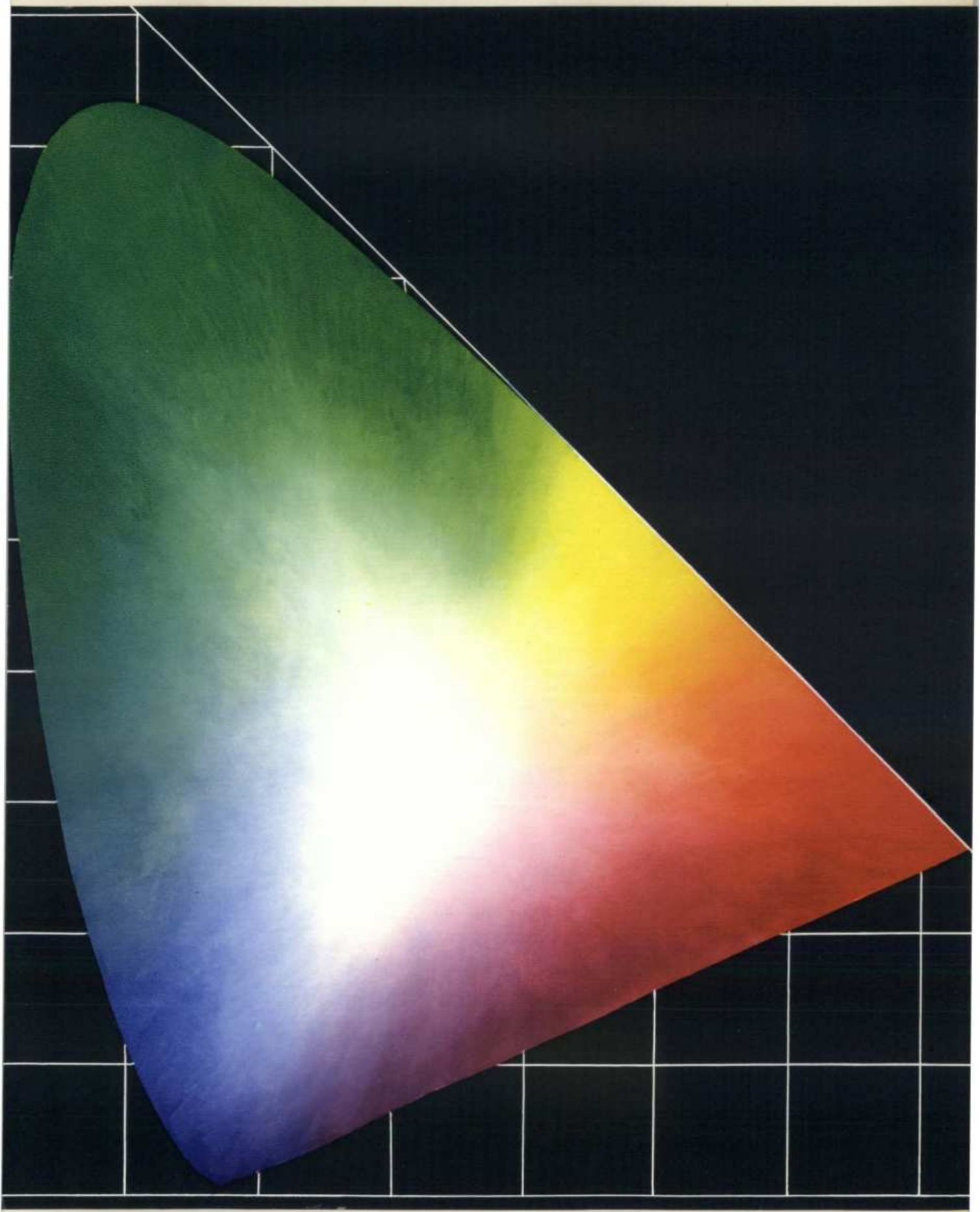


Fig. 2. Kleurendriehoek in x, y-coördinaten met de golflengten der spectrale kleursoorten in mμ, de complementaire golflengten der verzadigde purperkleuren, en de lijnen van constante dominerende golflengte resp. van constante verzadigingsgraad.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023



Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

bestaat. Uit een groot aantal dergelijke waarnemingen kan men, uitgaande van een bepaald punt x, y in het kleurenvlak en voor een bepaalde richting door dat punt, afleiden hoever men, bij gegeven helderheid, zich gemiddeld langs die lijn van het kleurpunt kan verwijderen zonder dat de kleuren ophouden ononderscheidbaar te zijn. Op iedere lijn door x, y ontstaan aldus twee punten, ter weerszijden van het punt x, y. Herhaalt men deze constructie voor een aantal richtingen door hetzelfde punt x, y en verbindt men de gevonden punten, dan vindt men een kromme die het punt van uitgang omgeeft. Zo'n kromme blijkt vrijwel de gedaante te hebben van een ellips. De grootte en de orientatie van deze ellips is voor verschillende punten van het kleurenvlak verschillend. Door MacAdam zijn een aantal van dergelijke ellipsen bepaald. De oppervlakte van de ellips, eventueel vermenigvuldigd met een geschikte getalfactor, kan men beschouwen als een maat voor de plaatsruimte die de kleursoort in het kleurenvlak inneemt. Hieruit kan men het aantal verschillende kleursoorten berekenen. Dit aantal blijkt ruim 10 000 te zijn [5]).

Kleur en kleurindruk

We zagen dat een kleur volkomen is bepaald door drie gegevens, bijv. door de coördinaten X, Y en Z in de kleurenruimte, of door helderheid en kleursoort (bepaald door x en y), of door de helderheid, de dominerende golflengte en de verzadigingsgraad.

De vraag of een op deze wijze vastgelegde kleur er onder alle omstandigheden hetzelfde uitziet, moet ontkennend worden beantwoord. Een rood papiertje bijv., dat 25% van het opvallend licht reflecteert, zal op een witte ondergrond bruiner lijken dan op een zwarte ondergrond. Een grijs papiertje, waarvoor $x = {}^1/_3$, $y = {}^1/_3$, zal op een gele ondergrond blauw lijken en op een blauwe ondergrond geelachtig, op een rode ondergrond groen en op een groene roodachtig.

Dit onderscheid tussen de begrippen kleur en kleurindruk is bij een vorige gelegenheid uitvoerig in dit tijdschrift besproken. Wij verwijzen hiervoor, evenals voor meer uitvoerige inlichtingen over het behandelde, naar de aan het eind van dit artikel vermelde literatuur.

Literatuur

P. J. Bouma, Het zien van kleuren, Philips techn. T. **1**, 282-287, 1936; Het karakteriseren van kleuren door kleurenruimte en kleurendriehoek **2**, 39-46, 1937.

P. J. Bouma en A. A. Kruithof, Kleuren en kleurindrukken, Philips techn. T. **9**, 2-7, 1947.

J. L. H. Jonker en S. Gradstein, Kunstschilderen met fluorescerende verven, Philips techn. T. **11**, 16-22, 1949.

P. J. Bouma, Kleuren en kleurindrukken, Meulenhoff, Amsterdam 1946. Zie ook Philips techn. T. **9**, 159, 1947.

Samenvatting. Naar analogie van het begrip helderheid (luminantie) wordt het begrip kleur nader toegelicht. Het ontstaan van de kleurenruimte in XYZ-coördinaten (C.I.E. 1931) en van het bijbehorende kleurenvlak wordt kort toegelicht, waarna wordt besproken in hoeverre het mogelijk is het kleurenvlak met behulp van olieverf weer te geven. Een reproductie van een poging daartoe is aan het artikel toegevoegd. Het aantal onderscheidbare kleursoorten dat in de reproductie vertegenwoordigd zou moeten zijn bedraagt meer dan 10 000. Ten slotte wordt kort gewezen op het verschil tussen de begrippen „kleur" en „kleurindruk".

[5]) Is $A(x,y)$ de oppervlakte van de zoëven beschouwde ellips om het punt x, y, dan is het aantal kleursoorten:

$$\int \frac{dx\,dy}{k\,A(x,y)},$$

waarin k een getalfactor voorstelt en waarbij de integraal moet worden uitgestrekt over het gehele kleurengebied. Vgl. D. L. MacAdam, Visual sensitivities to color differences, J. Opt. Soc. Amer. **32**, 247-274, 1942; zie ook D. L. MacAdam, Documenta Ophthalmologica **3**, 214-239, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE PLAATSING VAN DE LICHTBRONNEN BIJ HET FOTOGRAFEREN MET KUNSTLICHT

door S. GRADSTEIN. 771.44.022

Voor de fotograaf die bij zijn opnamen het daglicht wil vervangen door kunstlicht, zijn twee cardinale verschillen tussen deze twee lichtsoorten van belang: het verschil in spectrale verdeling (kleurweergave), en het verschil in de geometrische situatie bij het verlichten van het object. Over het eerste verschil is reeds veel geschreven, en de consequenties er van zijn verwerkt in de bereiding der fotografische emulsies resp. in de constructie der voor fotografische doeleinden ontwikkelde lampen. Met de geometrische verschillen weet men gewoonlijk min of meer intuïtief enigszins rekening te houden, doch het kan nuttig zijn deze ook eens wat meer kwantitatief te beschouwen.

De fotografie zoals zij heden ten dage wordt beoefend, heeft twee aspecten, waarvan soms het ene, soms het andere meer naar voren treedt: het aspect van een kunstuiting en dat van een documentatie. Het laatste aspect ziet men heel zuiver bijv. in de persfotografie en in de medische fotografie. Ook in de kiekjes van de amateur, die herinneringen willen doen voortleven, overheerst het documentaire karakter. Als een speciaal geval van documentaire fotografie kunnen we voorts beschouwen de fotografie in dienst van de reproductie.

Artistieke en documentaire fotografie beide steunen tegenwoordig goeddeels op kunstlicht. Een reden hiervoor is, dat men van het naar tijd en kwantiteit beperkte daglicht onafhankelijk wil zijn. In de artistieke fotografie komt daar als reden nog bij, dat men door het kunstlicht de beschikking krijgt over rijkere uitdrukkingsmiddelen: men kan het licht vrijer over het object verdelen dan bij gebruik van daglicht. Bij daglicht fungeert het gehele uitspansel, resp. het zichtbare deel daarvan, als lichtbron. Behalve deze diffuse verlichting heeft men de gerichte verlichting door de zon — een vrijwel puntvormige lichtbron op oneindige afstand. De richting hiervan heeft men slechts in beperkte mate voor het kiezen. Bij gebruik van kunstlicht daarentegen kan men gericht licht uit elke gewenste richting, ook bijv. van beneden, en ook uit verscheidene richtingen tegelijk, op het te fotograferen object werpen, en aldus door het spel van licht en schaduw een eigen visie op het object geven [1]).

[1]) Ook de aard der schaduwen kan worden beïnvloed, met name de halfschaduwbreedte, daar men immers kan kiezen tussen lichtbronnen van verschillende vorm en afmetingen („spot-lights", normale reflectoren met of zonder diffusoren, lijnvormige lampen, lichtbakken enz.), waartegenover de halfschaduwbreedte van het directe zonlicht onveranderlijk 30 boogminuten bedraagt.

Voor de keuze en plaatsing van de lichtbronnen bij de artistieke fotografie kan men putten uit een schat van ervaringen. In een bepaald boek over portretfotografie bijv. [2]) vindt men niet minder dan 64 verschillende opstellingen van lampen uitvoerig geanalyseerd. Het heeft niet aan pogingen ontbroken om uit de verzamelde ervaring bepaalde recepten te distilleren — maar alleen waar de artistieke inslag nog niet te sterk is, zullen recepten navolging vinden: de kunstenaarfotograaf zal steeds weer zijn eigen weg op dit gebied zoeken, gesteund door de gaven die des kunstenaars zijn: smaak en intuïtie, gepaard aan afkeer van het conventionele. Zo wordt het gebruik van kunstlicht hier tot een „lichtkunst".

Bij fotografie met een documentair karakter is de zaak eenvoudiger. Voor de verlichting met kunstlicht, even goed als voor die met daglicht, kan men in dit geval een paar tamelijk wel omschreven eisen opstellen, die we als volgt kunnen samenvatten: een gelijkmatige verlichting van het gehele object, afgewisseld door schaduwen waar de plastiek van het object tot haar recht moet komen, doch de schaduwen ook weer niet te hard.

Bij daglicht kan de zon, indien deze als „hoofdlicht" fungeert, voor vervulling van de eerste beide eisen zorgen, terwijl de diffuse bijverlichting door het uitspansel — of door reflecterende oppervlakken, zoals muren — de nodige verzachting van de schaduwen kan bewerkstelligen. Ook bij gebruik van kunstlicht zal men steeds een „hoofdlicht" hebben, ondersteund door „bijlichten" of door een min of meer diffuse algemene verlichting, die eventueel alleen ontleend wordt aan de reflectie door de omgeving. Maar reeds bij de eerste eis, de gelijkmatige verlichting van het gehele object, lopen we nu kans te stranden. De lamp (of combinatie van

[2]) W. Nurnberg, Verlichting voor portretfotografie, uitg. Smit, Hengelo 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 1. Foto uit de practijk, met storende ongelijkmatigheid van de verlichting. Men ziet hoe door de variatie in de verlichtingssterkte de uniformiteit van het uniform wordt gelogenstraft. Uit de schaduwval (en uit de twee snoeren rechts en links!) blijkt, dat met twee lampen werd gewerkt, die vermoedelijk uit gebrek aan ruimte te dicht bij de groep werden geplaatst.

lampen) die als hoofdlicht dient, kan niet oneindig ver verwijderd staan, zoals de zon, met het gevolg dat de afstanden van de lamp tot de diverse onderdelen van het object merkbaar uiteenlopen en een zekere ongelijkmatigheid in de verlichting van deze onderdelen optreedt.

Dat het gevaar van een storende ongelijkmatigheid niet denkbeeldig is, moge worden gedemonstreerd door *fig. 1*, een foto uit de practijk van een serieuze amateurfotograaf. Een diffuse bijverlichting vermindert dit gevaar, daar bij optellen van een voor alle punten gelijke verlichtingsbijdrage de verschillen in de verlichting door het hoofdlicht relatief geringer worden. Maar ook wat dit betreft, is men er bij kunstlicht minder goed aan toe dan bij daglicht, aangezien men om economische redenen (grote vereiste lichtstromen!) vrijwel steeds met een aanzienlijk geringere mate van diffusiteit van de verlichting dan in daglicht moet volstaan.

Globaal gesproken, kan men de ongelijkmatigheid bij een opname steeds klein genoeg maken als men de lampen [3]) maar ver genoeg van het object af plaatst. Anderzijds zal men echter (ook als we afzien van het feit dat soms de beschikbare ruimte geen grote afstand toelaat) de lampen het liefst dicht bij het object plaatsen, om het licht zo economisch mogelijk te gebruiken resp. om zo kort mogelijk te kunnen belichten. Het is dus de moeite waard eens na te gaan, tot welke minimumafstanden de eis van een voldoend gelijkmatige verlichting leidt.

In dit artikel willen wij enkele eenvoudige opstellingen van lampen uit dit oogpunt beschouwen. De practische regels die hieruit zullen voortvloeien, kunnen natuurlijk geen vervanging vormen voor de ervaring die elke fotograaf zelf moet opdoen om met succes met kunstlicht te kunnen werken. Zij kunnen hem echter wellicht als gids dienen bij zijn proefnemingen, en vooral zullen zij van nut kunnen zijn waar vaste opstellingen voor telkens

[3]) Wij bedoelen in het vervolg met lamp of lampen steeds die voor het hoofdlicht, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

terugkerende soorten opnamen worden gemaakt, zoals in het werk van de vakfotograaf en in de reproductietechniek.

Eén lamp midden voor het object

Afstandsvoorwaarden

Wij beginnen met het eenvoudige geval dat slechts één lamp wordt gebruikt, en we onderstellen eerst dat deze midden voor het object wordt geplaatst (natuurlijk iets hoger of lager dan de camera). De lamp moge te beschouwen zijn als puntvormig, en de lichtsterkte moge in alle richtingen eenzelfde waarde I hebben. Een vlakje op een afstand R, dat loodrecht op de lichtstralen staat, ontvangt dan de verlichtingssterkte

$$E = \frac{I}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Stel nu dat het te fotograferen object een zekere diepte d heeft (*fig. 2*). De voorste gedeelten, op een afstand r van de lamp, worden het sterkst verlicht, de achterste gedeelten het zwakst; de beide verlichtingssterkten staan tot elkaar als $K = (r + d)^2/r^2$. Laten wij voor de „ongelijkmatigheidsfactor" K een bepaalde maximale waarde toe, dan kunnen we onmiddellijk de hiervoor op zijn minst noodzakelijke waarde van het quotient r/d berekenen. In *fig. 3* is r/d als functie van K uitgezet.

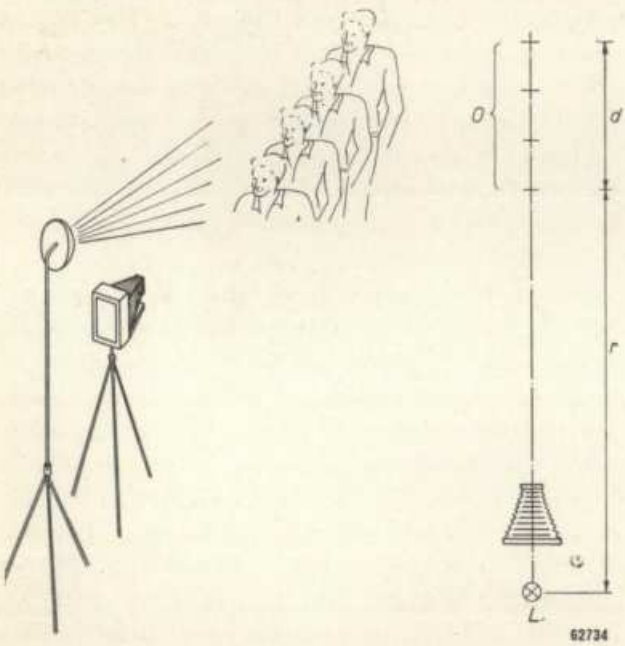


Fig. 2. Een lamp L is geplaatst op een afstand r voor een te fotograferen object O, dat een diepte d heeft.

Welke waarde van K men in de practijk als toelaatbaar wil beschouwen, zal van het doel van de foto afhangen. Om de gedachten te bepalen, willen wij de toelaatbare waarde op $K = 1{,}5$ stellen. Voor deze ongelijkmatigheid geldt:

$$r_{min} = 4{,}5\, d. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

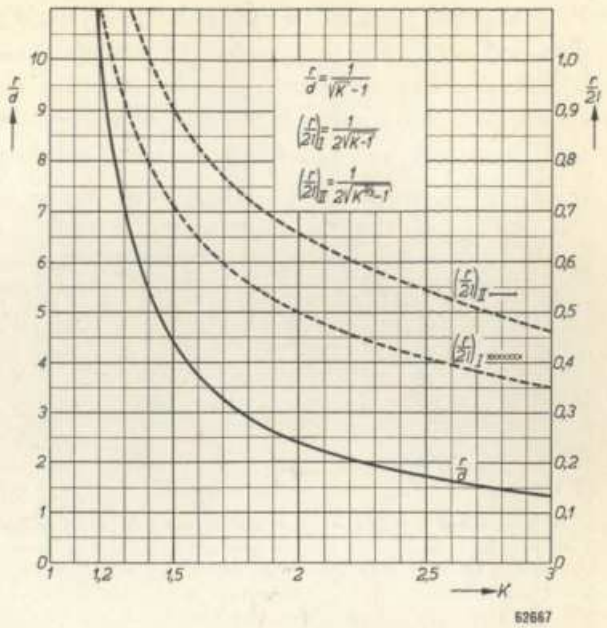


Fig. 3. Verband tussen de ongelijkmatigheidsfactor K van de verlichting enerzijds, en de waarde van r/d (fig. 2) resp. $r/2l$ (fig. 4*a* en *b*) anderzijds.

Het is aannemelijk dat men een ongelijkmatigheid $K = 2$ in de meeste gevallen nogal groot zal vinden. Anderzijds kan een verlichting met $K = 1{,}2$ reeds als zeer gelijkmatig worden aangemerkt. Alleen in de reproductietechniek worden waarden van K kleiner dan 1,2 gevraagd.

Vervolgens beschouwen we de breedte (of hoogte) van het te fotograferen object. Stel dat dit bestaat uit een aantal personen die op een rij ter lengte $2l$ naast elkaar staan (*fig. 4a*). De verlichtingssterkte aan de einden van de rij is een factor $K = (r^2 + l^2)/r^2$ kleiner dan die in het midden. De hieruit te berekenen minimumwaarde van $r/2l$ als functie van K is wederom uitgezet in fig. 3: kromme $(r/2l)_I$. Voor $K = 1{,}5$ geldt:

$$r_{min} = 0{,}7 \cdot 2l. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Hierbij is ondersteld dat ook in dit geval de te verlichten vlakjes in elk gedeelte van het object loodrecht staan op de lichtstralen. Bij een groep personen zijn inderdaad bij elke persoon vlakken in deze stand aanwezig, al zijn dit voor de verschillende personen niet geheel overeenkomstige vlakken. Wij moeten echter ook rekening houden met objecten waarbij de voornaamste te verlichten vlakjes evenwijdig staan; een geheel vlak object, zoals een te reproduceren schilderij of boekpagina, is hiervan het extreme voorbeeld (fig. 4*b*). In

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zulk een geval komen de randgedeelten van het object nog sterker in het nadeel te verkeren ten opzichte van het middelste gedeelte, doordat zij niet alleen verder van de lichtbron verwijderd staan, maar ook schuin in plaats van loodrecht

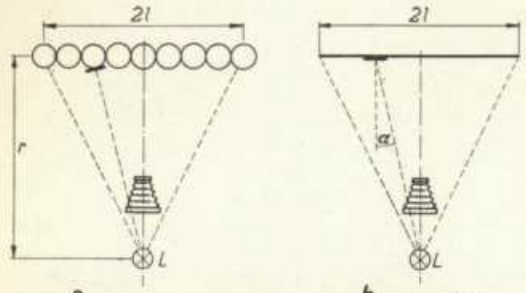


Fig. 4. Een lamp L midden voor een object met een breedte $2l$. Bij een reeks bollen of een rij personen (a) zijn er in elk gedeelte van het object vlakjes loodrecht op de lichtstralen; bij een vlak object, zoals bij een reproductie (b), staan de vlakjes in verschillende gedeelten van het object min of meer schuin op de lichtstralen.

door de lichtstralen worden getroffen. Voor de verlichtingssterkte van een vlakje welks normaal een hoek α met de lichtstralen maakt, geldt in plaats van (1) de algemenere formule:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1a)$$

Voor de rand van het object is $\cos \alpha = r/\sqrt{r^2+l^2}$. De verlichtingssterkte in het midden en die aan de rand staan nu in de verhouding:

$$K = \left[\frac{r^2 + l^2}{r^2} \right]^{3/2}.$$

Voor $K = 1{,}5$ vinden we dan de strengere voorwaarde:

$$r_{min} = 0{,}9 \cdot 2l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

In fig. 3 is ook voor dit geval $r/2l$ als functie van K getekend: kromme $(r/2l)_{II}$.

De in verg. (2) en (4) vervatte voorwaarden zijn reeds naar voren gebracht door Van Liempt[4]). We willen er hier nog enkele beschouwingen aan vastknopen en dan van de plaatsing van één lamp midden voor het object overgaan tot algemenere gevallen, nl. één lamp zijdelings voor het object, en twee, symmetrisch geplaatste, lampen[5]).

Practische betekenis van de beschouwde opstelling

De verlichtingsmethode: één lamp midden voor het object, is in de practijk niet zeer gebruikelijk, daar zij, ten gevolge van de val der schaduwen, geen sterk plastische foto's levert. Dit bezwaar geldt vooral voor het opnemen van één enkel driedimensionaal voorwerp, zoals in de portretfotografie. Ook voor reproducties zal men van de bedoelde opstelling in het algemeen geen gebruik willen maken, met het oog op storende reflexen.

Toch zijn er gevallen waarin de behandelde opstelling van belang is. Zo in de kleurenfotografie, waar men — uitzonderingen daargelaten — een plastisch effect niet in de eerste plaats door schaduwen maar vooral door kleurtegenstellingen tracht te verkrijgen. En juist in de kleurenfotografie is èn een grote gelijkmatigheid van de verlichting vereist èn een relatief grote verlichtingssterkte, zodat het boven behandelde daar bijzonder toepasselijk is.

Een ander geval waarbij de lamp heel vaak midden voor het object komt te staan, doet zich voor bij de persfotografie. Om nl. in alle situaties snel zijn opnamen te kunnen maken en gemakkelijk het beste standpunt te kunnen opzoeken, bevestigt de persfotograaf zijn lamp (in casu steeds een flitslamp) gewoonlijk op het fototoestel zelf. Ook voor de amateurfotografie heeft dit principe in de laatste tijd een opmerkelijke populariteit verworven, daar het voor huiselijke kiekjes wel een zeer groot voordeel is te worden bevrijd van alle rompslomp van statieven en aansluitsnoeren (en denkarbeid betreffende de gewenste plaatsing). Zo zijn er thans zelfs camera's op de markt gebracht die een ingebouwde reflector voor een flitslamp bevatten. De in *fig. 5* afgebeelde Philips flitscamera is daar een voorbeeld van[6]).

Wij kunnen nu opmerken dat bij het bevestigen van de lamp op de camera automatisch wordt voldaan aan de afstandsvoorwaarde die hierboven voortvloeide uit de breedte van het object. De camera heeft immers slechts een beperkt gezichtsveld. Als de lichtbron zich ter plaatse van de camera bevindt, komen die gedeelten van het object die te ver opzij liggen om nog behoorlijk te worden verlicht, vanzelf niet meer op het plaatje. Bij een normaal fotografisch objectief wordt, met het oog op de afbeeldingsfouten, slechts een gedeelte van het beeldvlak gebruikt met een diameter ongeveer gelijk aan de brandpuntsafstand. Dit betekent globaal dat $r = 2l$, dus $K = 1{,}25$ voor niet-vlakke objecten[7]).

[4]) J. A. M. van Liempt, Kunstlicht in de fotografie, Philips Techn. Bibliotheek 1942, blz. 113.

[5]) De resultaten van deze beschouwingen zijn voor een deel reeds gebruikt in een publicatie in Photographische Korrespondenz **80**, blz. 101.

[6]) Bij deze camera staat de lamp vlak boven de lens. Werkt men met slechts één lamp, dan is deze plaatsing uit een oogpunt van schaduwval relatief de beste. Als men nl. de schaduwen niet verzacht, kan men er beter niet veel van in het beeld hebben, en bij de bedoelde plaatsing is het juist zo, dat het oog van de camera bijna niets ziet van de slagschaduwen die de lamp werpt!

[7]) De „breedte" is hierbij gemeten in de diagonaal van het beeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 5. Philips flitscamera, type no. 5210. De reflector voor een flitslamp is met de eigenlijke camera tot een geheel verenigd. De camera bevat ook een synchronisator, een contrôle-inrichting voor het lampcircuit, een stopcontact voor het eventueel aansluiten van flitslampen buiten de camera, en ruimte om de batterij voor de ontsteking onder te brengen.

Bij gebruik van zg. groothoekobjectieven geldt het bovenstaande niet meer. Deze hebben veel grotere gezichtsvelden, bijv. corresponderend met een hoek van 120°, dus $r/2l = 0{,}29$. Zou men in dit geval de lamp op de camera plaatsen, dan zou men in de breedte van het object een ongelijkmatigheidsfactor $K = 4$ krijgen voor niet-vlakke, $K = 8$ voor vlakke objecten — nog afgezien van het effect van bijkomende oorzaken van ongelijkmatigheid, die we hieronder zullen aanstippen en waarmee bij zulke grote hoeken in toenemende mate rekening moet worden gehouden.

Beschouwen we vervolgens de diepte van het object. Ook wat deze betreft, zal, binnen zekere grenzen, automatisch aan de afgeleide afstandsvoorwaarde worden voldaan als de lamp op de camera is geplaatst. Ook in de diepte immers is het „gezichtsveld" van de camera beperkt, als we hierbij denken aan het gebied dat de camera scherp kan afbeelden. Hoe dieper het object, des te verder moet de camera ervan af staan om het geheel met haar „scherptediepte" te omvatten. Het blijkt echter dat de uit dien hoofde vereiste verhouding r/d alleen bij close-ups en/of bij grote relatieve lensopening groter is dan die volgens (2).

Met enige vereenvoudigende onderstellingen leidt men af dat de scherptediepte bedraagt:

$$d = \frac{2\,u\,m}{f^2}\,r^2,$$

waarbij u = toegelaten onscherpte van de afbeelding (diameter van het schijfje op de film waarin een punt van het object wordt afgebeeld), f = brandpuntsafstand van het objectief, m = diafragmanummer (= f gedeeld door de objectiefdiameter). Stellen wij, zoals voor goede objectieven meestal wordt gedaan, $u \leqq f/1000$, dan volgt:

$$\frac{r}{d} \geqq \sqrt{\frac{500\,f}{m\,d}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Men ziet dat m en d niet te groot mogen zijn, opdat de voor een scherpe afbeelding te eisen minimumwaarde van r/d groot genoeg uitvalt. In *fig. 6* is de betrekking (5) grafisch voorgesteld, terwijl ook een K-schaal volgens het verband van fig. 3 is bijgetekend. Een getallenvoorbeeld: bevindt zich de lamp op een camera met brandpuntsafstand f = 11 cm en werkt men met een diafragmanummer m = 7, dan sluit tot objectdiepten van ca 40 cm de eis van voldoende scherptediepte automatisch een ongelijkmatigheid in de verlichting groter dan K = 1,5 uit; of anders uitgedrukt: alleen bij opnamen uit afstanden kleiner dan 1,80 m, met de genoemde waarden van f en m, is men zeker dat het gehele door de scherptediepte omvatte gebied voldoende gelijkmatig is verlicht.

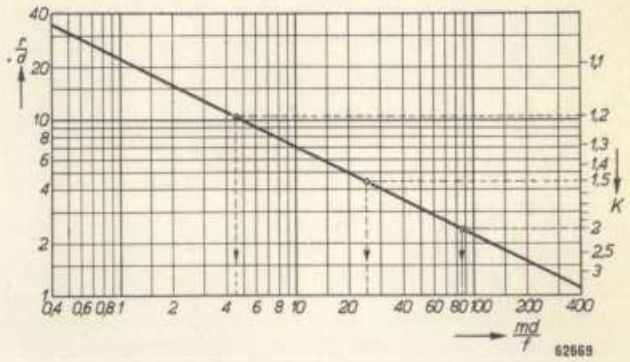


Fig. 6. Opdat de scherptediepte d bedraagt, moet de camera op een afstand r van het object worden geplaatst. Volgens de benaderende betrekking (5) is hier r/d uitgezet als functie van md/f (f = brandpuntsafstand, m = diafragmanummer). De rechter schaal geeft de volgens fig. 3 bij r/d behorende waarden K.

Rangschikking van gegeven voorwerpen

Een consequentie van de aangegeven gelijkmatigheidsvoorwaarden is, dat de fotograaf een gegeven aantal voorwerpen of personen, die hij naast of achter elkaar kan plaatsen, op een bepaalde manier moet rangschikken, wil hij het licht van de lamp zo economisch mogelijk gebruiken. Wij nemen eenvoudigheidshalve aan dat de voorwerpen in elke rangschikking eenzelfde oppervlak A beslaan, en wij beschouwen alleen het geval dat de opstelling plaats heeft in een rechthoek (breedte $2l$, diepte d; $2ld = A$). Indien de rechthoek zeer breed en ondiep wordt gekozen, moet de lamp ver weg staan wegens de voorwaarde (3); wordt de rechthoek smal en diep gemaakt, dan is eveneens een grote afstand vereist wegens (2). Daar tussenin zal de vereiste afstand r een minimum vertonen. Met behulp van *fig. 7a* leidt men de voorwaarde voor voldoend gelijkmatige verlichting (K=1,5) af:

$$l^2 + (d + r)^2 = 1{,}5\,r^2.$$

Hieruit volgt:

$$r = 2d + \sqrt{6d^2 + \frac{A^2}{2d^2}}, \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en door het differentiaalquotient van r naar d gelijk nul te stellen, krijgt men voor de diepte d van de rechthoek waarbij r een minimum wordt:

$$d = 0{,}425\sqrt{A}\,.$$

De gunstigste rechthoek-opstelling is derhalve die waarbij

$$2l = A/d \approx 5{,}7\,d\,,$$

terwijl hierbij de lamp moet staan op een afstand

$$r \approx 2{,}8\sqrt{A}\,.$$

Het minimum van r is niet zeer geprononceerd, zoals blijkt wanneer wij $r/\sqrt{A}$ volgens verg. (6) uitzetten als functie van $d/\sqrt{A}$, zie fig. 7*b*. De verhouding tussen breedte en diepte

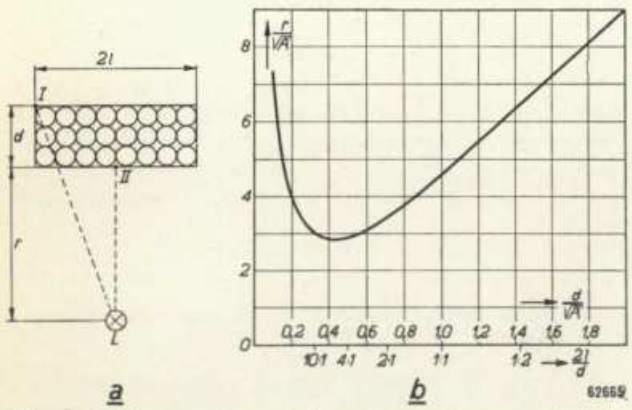


Fig. 7. *a*) Een gegeven aantal voorwerpen is gerangschikt in een rechthoek. Het punt *I* ontvangt de kleinste, het punt *II* de grootste verlichtingssterkte.
b) Bij een constante oppervlakte A van de rechthoek is voor elke vorm (breedte $2l$, diepte d) een bepaalde minimumafstand r van de lichtbron vereist om een voldoend gelijkmatige verlichting te krijgen. Deze afstand vertoont als functie van de verhouding $2l : d$ der rechthoekzijden een minimum bij $2l \approx 5{,}7d$. Uitgezet zijn hier de dimensieloze grootheden $r/\sqrt{A}$ en $d/\sqrt{A}$.

van de rechthoek, die langs de abscis mede is aangegeven, mag variëren van ongeveer 3 : 1 tot 10 : 1 zonder dat de vereiste afstand aanmerkelijk groter wordt dan in het minimum. Heeft men dus bijv. een groep van 24 personen te fotograferen (met voor elke persoon een cirkel als grondvlak gerekend), dan doet het er voor de verlichting weinig toe, of men de personen in 2 rijen van 12 opstelt dan wel in 3 rijen van 8. Wel echter is een opstelling in 1 rij van 24 of in 4 rijen van 6 aanmerkelijk ongunstiger.

Andere invloeden op de gelijkmatigheid van het beeld

Ook al is het object in zijn breedterichting volkomen gelijkmatig verlicht, dan constateert men toch een daling van de verlichtingssterkte op het negatief, van het midden naar de rand toe. Deze daling heeft soortgelijke oorzaken als hierboven voor het object werden besproken, nl. dat de afstand van de „lichtbron", d.i. nu het objectief, tot de randgedeelten groter is dan tot het midden van de plaat of film, en dat de randgedeelten schuin staan ten opzichte van de er opvallende lichtstralen; bovendien is de effectieve doorsnede van het objectief voor een schuine stralenbundel kleiner. Bij elkaar geven deze effecten een daling met $\cos^4\alpha$ (α = hoek tussen lichtstraal en normaal van de plaat). Bij normale objectieven is daardoor de verlichtingssterkte op de randgedeelten van de plaat 25% kleiner, in het geval van groothoekobjectieven zelfs tot 75% kleiner dan die in het midden. Daarbij is nog afgezien van het effect van een eventuele vignettering (gedeeltelijk schuilgaan van de diafragma-opening achter de vattingrand van dichter bij de plaat gelegen objectiefgedeelten) en van het feit dat het op de plaat vallende licht niet volledig wordt gebruikt doordat een deel ervan op het plaatoppervlak wordt teruggekaatst — twee effecten die met toenemende hoek α sterk toenemen.

De met al deze effecten verband houdende daling van de negatiefzwarting naar de randen toe treedt natuurlijk bij opnamen met daglicht even goed op als bij opnamen met kunstlicht. Men kan het verschijnsel alleen vermijden door zich te beperken tot kleine beeldhoeken (gebruik van camera's met behoorlijk lange brandpuntsafstand), iets wat dan ook voor kleurenfotografie sterk wordt aanbevolen en wat in de reproductietechniek algemeen gebruikelijk is. Onze beschouwingen betreffende de verlichting in normale gevallen kan het verschijnsel alleen in zoverre beïnvloeden dat de toelaatbare verschillen in verlichtingssterkte tussen het midden en de rand van het object nog kleiner worden, zodat men tot nog grotere vereiste afstanden van de lichtbron komt.

In het voorgaande werd ondersteld dat de lichtsterkte van de lichtbron naar alle richtingen dezelfde zou zijn. In de practijk is dit nooit het geval. Er worden altijd reflectoren gebruikt, die het licht meer of minder sterk concentreren. Gewoonlijk is dan de lichtsterkte binnen de door het object bepaalde openingskegel niet geheel constant, doch er treedt — andermaal — naar de randen van het object toe een geringe daling op, waarmee eventueel rekening moet worden gehouden.

Men kan ook reflectoren gebruiken waarbij de richtingsverdeling juist een tegenovergesteld karakter heeft, nl. waarbij de lichtsterkte, van de as naar de rand van de bundel, in zekere mate toeneemt („brede stralers", zoals bijv. de „Comptalux"-lamp). In dat geval wordt de boven behandelde daling van de verlichtingssterkte naar de rand van het object, en de analoge daling op de plaat, min of meer gecompenseerd en kan de lichtbron veel dichter bij het object worden opgesteld — dichter dan de camera! Een nadeel kunnen dan echter de sterke reflexen en slagschaduwen blijken te zijn die aan de randen van het object optreden: de slagschaduwen (die nu niet onzichtbaar zijn, vgl. noot [6])) geven, doordat zij aan tegenovergestelde kanten van het object verschillend zijn gericht, een onnatuurlijke indruk.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Wij zullen straks zien dat een compensatie van de bewuste daling ook verkregen kan worden indien men meer dan één lamp voor het hoofdlicht gebruikt.

Over de nivellerende werking van de diffuse bijverlichting hebben wij in de inleiding reeds gesproken. Hoe sterker deze verlichtingsbijdrage, des te meer zal men van de gegeven voorwaarden voor de opstelling van het hoofdlicht kunnen afwijken.

Tot slot nog een zeer belangrijke factor, die we bij dit alles buiten beschouwing hebben gelaten: waar het uiteindelijk op aankomt, zijn de zwartingsverschillen in het positief, en hierop kan de fotograaf bij het ontwikkelen van het negatief resp. bij het afdrukken of vergroten van het negatief nog in belangrijke mate invloed oefenen. In het bijzonder kan hij bij het vergroten het relatief te sterk belichte middengedeelte door plaatselijke afscherming van het licht „doordrukken". Door deze kunstgreep kan hij echter in het algemeen niet een ongelijkmatigheid van de verlichting in de diepte van het object compenseren, en ook kan hij er geen delen van het negatief mee redden die door de ongelijkmatigheid van de verlichting onder- of overbelicht zijn geworden, zodanig dat de details verloren zijn gegaan in de vlakke gedeelten van de zwartingskromme van het negatief.

Eén lamp zijdelings voor het object

We gaan nu over tot de opstelling met één lamp die niet in het midden maar zijdelings voor het object staat (sommige van de opmerkingen in de voorgaande paragraaf blijven natuurlijk ook

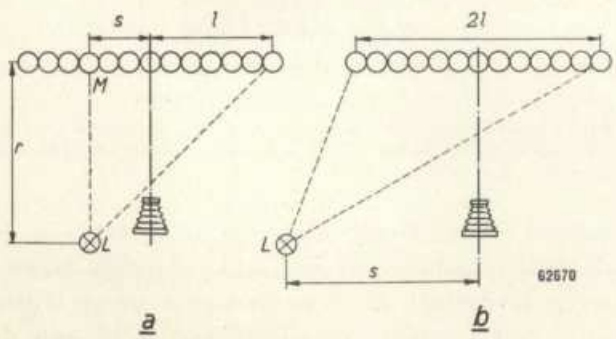


Fig. 8. Plaatsing van een lichtbron L op een afstand s van het middenloodvlak van het object. *a*) $s < l$; *b*) $s > l$.

bij zulk een uitbreiding van kracht). De loodrechte afstand tot het objectvlak zij r, de afstand tot het middenloodvlak daarvan zij s (*fig. 8a* en *b*).

Is $s < l$, dan wordt de grootste verlichtingssterkte ontvangen door het gedeelte M van het object dat vlak tegenover de lamp staat, de kleinste door de rand van het object die een afstand $s + l$ van M verwijderd is. De situatie is dus analoog aan die bij een lamp midden voor het object en wij kunnen weer verg. (3) en (4) toepassen, alleen moeten wij nu $2(s+l)$ in plaats van $2l$ beschouwen als de breedte van het object.

Staat de lamp nog verder zijdelings, zodat $s > l$ (fig. 8*b*), dan ligt het best verlichte gedeelte op de éne (naburige) rand van het object, het slechtst verlichte op de andere. De twee verlichtingssterkten staan tot elkaar als

$$K = \frac{r^2 + (s+l)^2}{r^2 + (s-l)^2} \quad \text{resp.} \quad K = \left[\frac{r^2 + (s+l)^2}{r^2 + (s-l)^2}\right]^{3/2}$$

voor een groep en voor een vlak object. Hieruit krijgt men de voorwaarde:

$$\frac{r}{l} \geqq \frac{1}{\sqrt{G-1}} \sqrt{\left(\frac{s}{l}+1\right)^2 - G\left(\frac{s}{l}-1\right)^2}, \quad (s > l) \quad (7)$$

waarin voor een groep $G =$ de toegelaten maximale waarde K, en voor een vlak object $G = K^{2/3}$.

Voor elke waarde van de zijdelingse afstand s kunnen wij dus de minimumwaarde berekenen die de loodrechte afstand r moet hebben. Tekenen wij een plattegrond van de ruimte waarin object en lamp worden opgesteld, dan kunnen wij alle punten die een K juist van de toegelaten waarde opleveren door een lijn verbinden; wij scheiden zodoende „verboden" en „toegestane" gebieden voor de plaatsing van de lamp. In *fig. 9a* en *b* is deze constructie voor de beide gevallen van een groep resp. van een vlak object uitgevoerd. (De figuur is voor elke objectbreedte $2l$ te gebruiken, daar de afgeleide voorwaarden slechts de dimensieloze grootheden r/l en s/l bevatten.) Het gearceerde gebied is vrij, het witte verboden. De gestippelde lijnen geven de grenzen aan die men zou verkrijgen wanneer men het toelaatbare verschil in verlichtingssterkte op een factor 2 resp. 1,2 stelt in plaats van 1,5.

Het meest valt in de plattegronden op, hoe sterk een plaatsing van de gebruikte lamp midden voor het object ($s = 0$) economisch in het voordeel is ten opzichte van een zijdelingse plaatsing. Bij $s = 3l$ zal men voor een groep een ongeveer 12 maal zo grote lichtsterkte nodig hebben om dezelfde gemiddelde verlichtingssterkte van het object te verkrijgen als bij $s = 0$. Weliswaar wordt bij $s = 3l$ slechts een veel kleinere hoek van de lichtkegel van de lamp gebruikt. Wij zouden dus een armatuur met sterkere bundeling (reflector met grotere versterkingsfactor) kunnen toepassen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

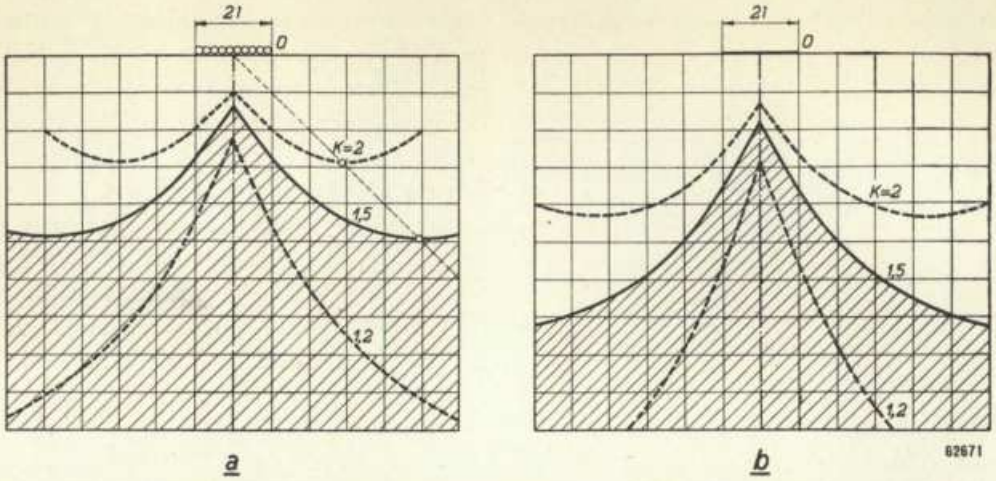


Fig. 9. Plattegrond van verboden en toegestane gebieden (de laatste gearceerd) voor de plaatsing van een lichtbron ten opzichte van een gegeven object, op schaal getekend, bij een toegelaten ongelijkmatigheid van $K = 1{,}5$. *a*) Het object bestaat uit een groep (rij personen). *b*) Het object is vlak (reproductie).
De gestippelde 45°-lijn slaat op de opstelling volgens Mohler (zie hieronder).

Als een speciaal geval hoort in deze paragraaf thuis de vaak toegepaste verlichtingsmethode van Mohler („driehoeksverlichting"), die in *fig. 10* is geschetst. Een sterke lamp (hoofdlicht) staat hier op het punt $r = \frac{1}{2}R$, $s = \frac{1}{2}R$, als R de afstand van camera tot object is, en een zwakkere lamp (bijlicht) vlak bij de camera. Een globale berekening leert dat dit bijlicht, als de gebezigde lamp bijv. half zo sterk is als die van het hoofdlicht, de gelijkmatigheid van de verlichting niet aanmerkelijk verbetert (wèl levert het natuurlijk de gewenste verzachting van de schaduwen). Met behulp van de plattegrond in fig. 9*a* en de gestippeld daarin aangegeven 45°-lijn kan men derhalve, bij gegeven afstand R van de camera, direct de toelaatbare breedte van het object bij deze verlichtingsmethode afleiden. Uit dezelfde figuur (waarbij we dan de camera in het verlengde van het objectlijntje opgesteld denken) kunnen we ook de toelaatbare diepte vinden, deze blijkt ongeveer gelijk aan de toelaatbare breedte te zijn. Men vindt:

$K =$	1,2	1,5	2
$\frac{d}{R} \approx \frac{2l}{R} \leqq$	0,09	0,21	0,37

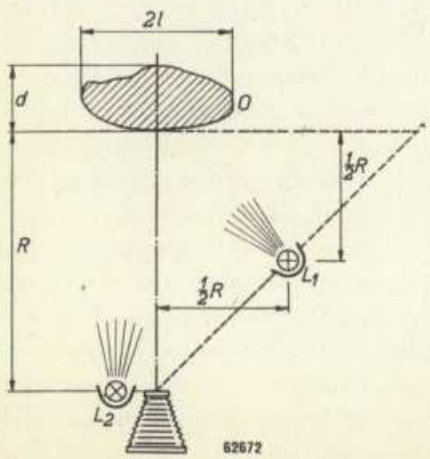


Fig. 10. Situatie bij de verlichtingsmethode van Mohler („driehoeksverlichting"). L_1 hoofdlicht, L_2 bijlicht, O object.

Twee lampen, symmetrisch opgesteld

De opstelling van twee lampen, symmetrisch ten opzichte van het middenloodvlak van het object (*fig. 11*), is typisch voor de reproductietechniek. Voor driedimensionale objecten heeft een dergelijke verlichting, met gelijkwaardige bijdragen van twee (niet dicht bij elkaar staande)

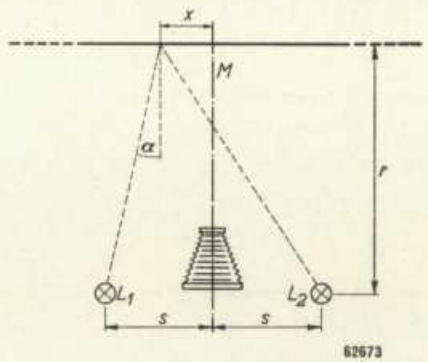


Fig. 11. Symmetrische opstelling van twee lampen L_1 en L_2 voor een vlak object. M is het middenloodvlak van het object.

lampen verschillende bezwaren, o.a. dat van de dubbele schaduwen. Voor vlakke objecten daarentegen verdwijnen die bezwaren en is de opstelling juist zeer geschikt: de ongelijkmatigheid van de verlichting kan hierbij zeer klein worden gemaakt, op economischer wijze dan met één lamp mogelijk is.

De te bereiken verbetering willen we illustreren door een analoge plattegrond te construeren als in fig. 9*b*. Alvorens zulks te doen, willen wij echter wijzen op de wenselijkheid om nu ook lijnvormige lichtbronnen in onze beschouwingen te betrekken. In de normale fotografie worden lijnvormige bronnen alleen voor diffuse bijverlichting gebruikt, nooit

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

als hoofdlicht, wegens de eigenaardige schaduwvorming [8]). Bij de vlakke objecten van de reproductietechniek echter, waar dit bezwaar weer wegvalt, zal men graag profiteren van de voordelen van de lijnvormige lichtbron: in de richting parallel aan de lijn wordt het object volkomen gelijkmatig verlicht (mits de lengte van de lichtbron groot is ten opzichte van de afstand en de afmetingen van het object); en in de richting loodrecht daarop daalt de verlichtingssterkte weliswaar met toenemende afstand R van de lichtbron, doch slechts volgens $1/R$, niet volgens $1/R^2$ als bij een puntvormige lichtbron (zie het in [8]) aangehaalde artikel).

Inderdaad ziet men bij reproductie-apparaten meestal dit principe toegepast, hetzij dat men zich rechtstreeks van lijnvormige lichtbronnen bedient (*fig. 12*), hetzij dat men een rij puntvormige lichtbronnen gebruikt die tezamen een benadering van een continue lijn vormen (*fig. 13*). De in fig. 11 geschetste opstelling willen wij derhalve beschouwen zowel met twee identieke puntvormige als met twee identieke lijnvormige lichtbronnen (loodrecht op het vlak van tekening). Voor de verlichtingssterkte, teweeggebracht door een lijnvormige lichtbron, moeten we in plaats van (1a) de formule gebruiken:

$$E = \frac{I_l}{R} \cos \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1b)$$

waarbij I_l gedefinieerd wordt als lichtsterkte per lengte-eenheid van de lamp.

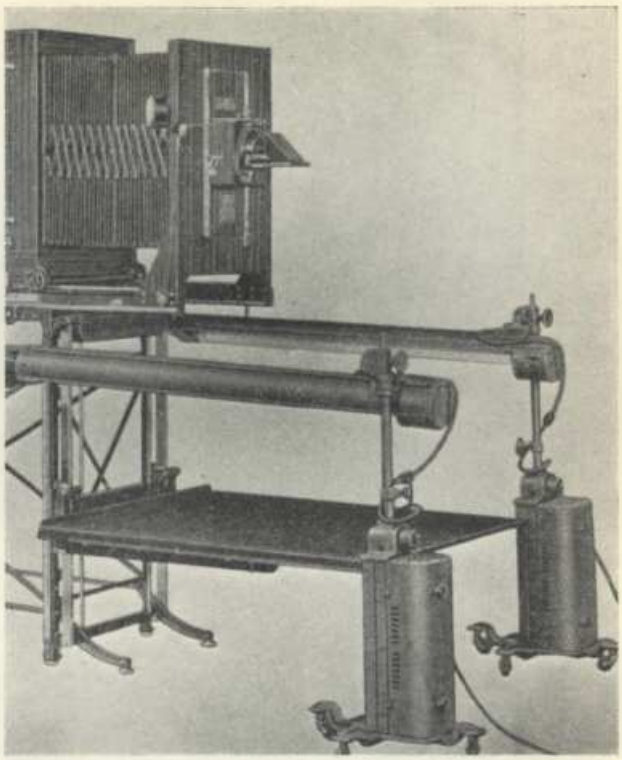
In tegenstelling met de eerder behandelde gevallen valt bij de opstelling met twee lampen niet dadelijk te overzien op welke punten van het objectvlak de kleinste resp. de grootste verlichtingssterkte zal optreden. Om dit te weten te komen, gaan wij grafisch te werk. Voor de verlichtingssterkte in een punt van het object, op een afstand x van het middenloodvlak der gehele opstelling (fig. 11), geldt voor puntvormige lichtbronnen:

$$E = \frac{I}{r^2\left[1+\left(\frac{s}{r}-\frac{x}{r}\right)^2\right]^{3/2}} + \frac{I}{r^2\left[1+\left(\frac{s}{r}+\frac{x}{r}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (8a)$$

en voor lijnvormige:

$$E = \frac{I_l}{r\left[1+\left(\frac{s}{r}-\frac{x}{r}\right)^2\right]} + \frac{I_l}{r\left[1+\left(\frac{s}{r}+\frac{x}{r}\right)^2\right]} \quad (8b)$$

Wij zetten $E \cdot r^2/I$ resp. $E \cdot r/I_l$ (de factoren r^2/I en r/I_l beïnvloeden alleen het niveau van de verlichting, niet de verdeling) uit als functie van de plaatscoördinaat x/r in het objectvlak, waarbij de grootheid s/r optreedt als parameter, die de opstelling van de lampen beschrijft. Voor verschillende opstellingen krijgen wij zodoende de in *fig. 14* weergegeven verdelingskrommen.



62735

Fig. 12. Reproductie-apparaat „Photostat" (gefabriceerd door Photostat Corporation, Inc., Rochester, U.S.A.). De te reproduceren plaat of boekpagina ligt horizontaal en wordt verlicht door twee lijnvormige lampen (kwiklampen van 1,20 m lengte, in geëmailleerde reflectoren). Bij een eenvoudiger uitvoering, de „Photostat Junior", worden twee op dezelfde wijze geplaatste gloeilampen, dus min of meer puntvormige lichtbronnen, gebruikt. — Bij reproductie-apparaten wordt het object gefotografeerd via een voor het objectief geplaatst prisma, waardoor het beeld wordt omgekeerd. Dit is noodzakelijk om reproducties rechtstreeks op positief-papier te kunnen maken.

Bij elke kromme gaan we na, tot welke x/r de verschillen in verlichtingssterkte een factor $K = 2$ resp. 1,5 resp. 1,2 (de waarde $K = 2$ is voor de reproductietechniek veel te groot, maar volledigheidshalve is deze weer mee opgenomen) niet te boven gaan. In *fig. 15* zijn de gevonden waarden x_{max}/r als functie van s/r uitgezet. Men leidt hieruit direct de toelaatbare objectbreedte (x_{max}) af bij gegeven opstelling van de lampen (s en r), en omgekeerd volgt hieruit een verband tussen r en s als de objectbreedte $2l\,(=2x_{max})$ gegeven is. Dit verband, d.i. de plattegrond van verboden en toegestane gebieden voor de symmetrisch opgestelde puntvormige resp. lijnvormige lampen, is in *fig. 16a* en *b* getekend.

Men ziet, dat de grenskrommen in de plattegrond aan elke zijde een knik vertonen; deze beantwoordt

[8]) Vgl. N. A. Halbertsma en G. P. Ittmann, Verlichting met lijnvormige lichtbronnen, Philips techn. T. **4**, 193-200, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

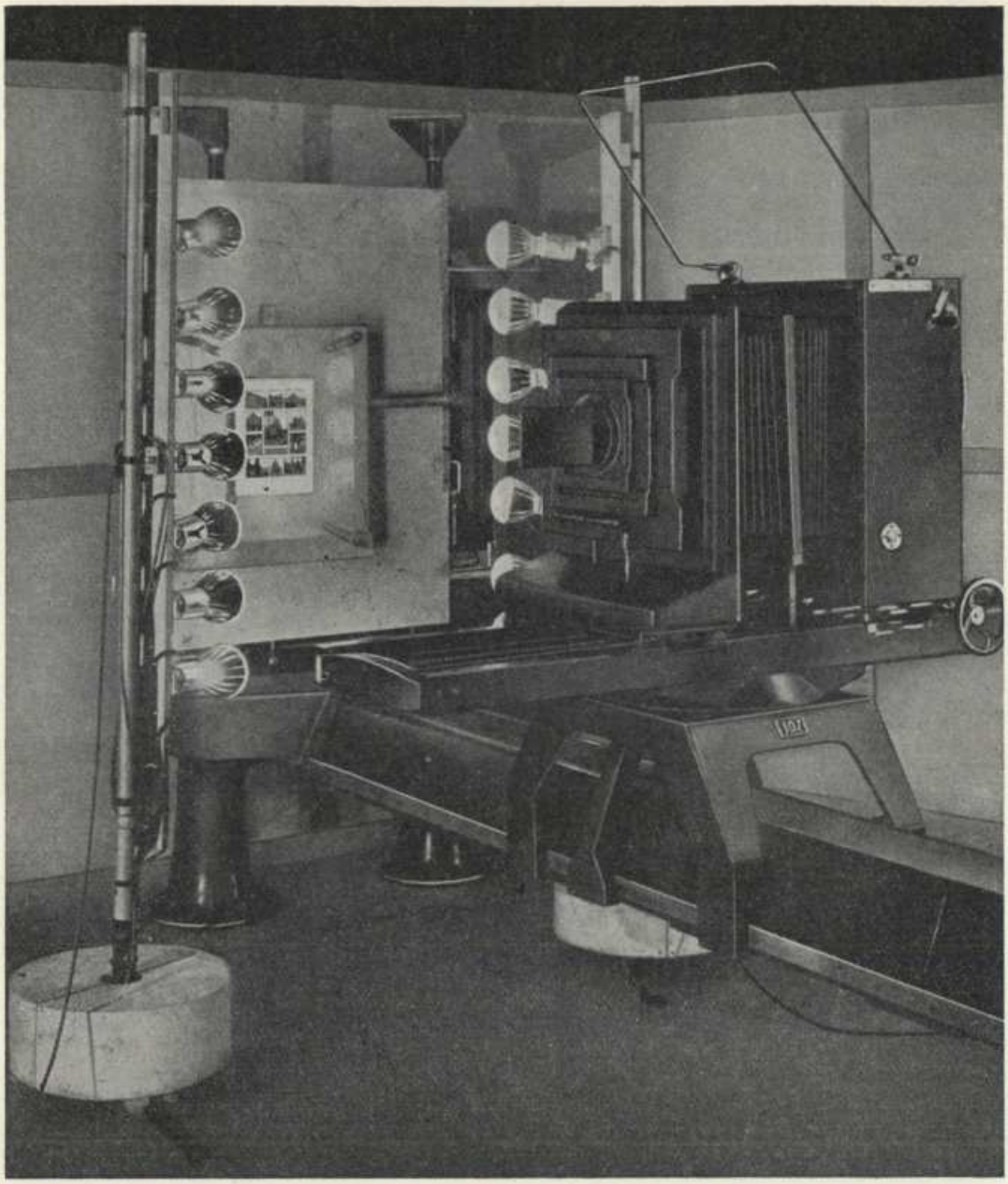


Fig. 13. Reproductie-apparaat met verlichting van het object door twee verticale rijen van „puntvormige" lampen (hoge druk kwiklampen in speciale reflectoren; type HPR). (De foto is ontleend aan het in noot [9]) aangehaalde artikel van Guinau.)

aan de sprong die in de bijbehorende kromme van fig. 15 optreedt voor een bepaalde waarde van s/r. De betekenis hiervan wordt duidelijk als men fig. 14 nader beschouwt. De deuk in het midden van de krommen wordt voor grotere s/r steeds dieper, en bij een bepaalde s/r wordt de verlichtingssterkte in het midden juist $1/K$ maal de verlichtingssterkte in de beide maxima. Hierbij mag de objectbreedte nog een stuk over de beide maxima heengrijpen. Bij een nog zo kleine verdere toeneming van s/r wordt de breedte plotseling beperkt tot het stuk tussen de beide maxima (en bij verder toenemende s/r tot een steeds smaller gedeelte van dit middenstuk). Terwijl wij dus bij kleine s/r werken met een verlichtingsverdeling over het object als in *fig. 17a* is geschetst, moeten wij bij grote s/r werken met een verdeling volgens fig. 17*b*. Men ziet dat men hier de mogelijkheid heeft, de aan de fotografische camera inhaerente daling van de verlichtingssterkte naar de randen van het negatief min of meer te compenseren.

Het geval $s = 0$ is natuurlijk identiek met dat van één lamp midden voor het object. Punt A in fig. 16*a* beantwoordt dan ook aan de voorwaarde van verg. (4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

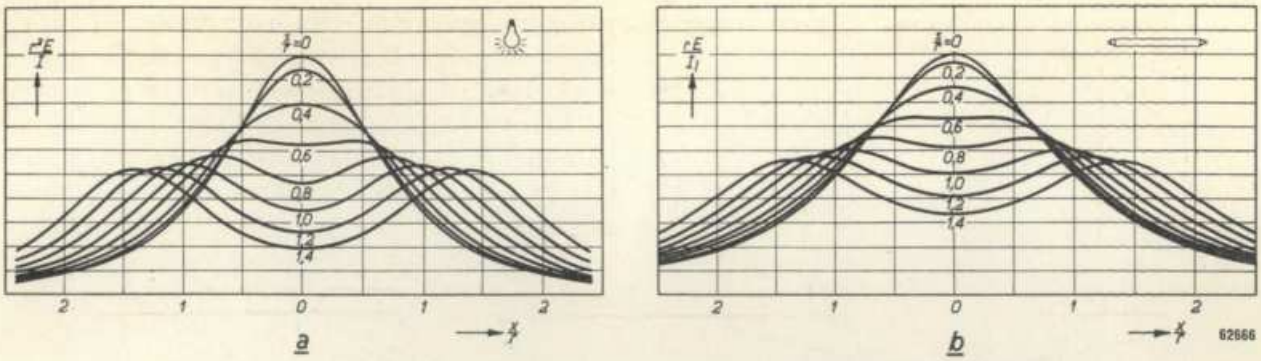


Fig. 14. Verlichtingssterkte (in relatieve maat) als functie van de plaats x in het objectvlak, bij twee volgens fig. 11 symmetrisch opgestelde lichtbronnen op een onderlinge afstand $2s$,
a) voor twee puntvormige lichtbronnen; *b*) voor twee lijnvormige lichtbronnen.
De verdelingskromme voor $s/r = 0$ is dezelfde als voor één lamp midden voor het object. Met toenemende s/r wordt het maximum vlakker, voor $s/r > 0{,}6$ splitst het zich in twee maxima, gelegen bij $x \approx s$, dus ongeveer tegenover elke lamp.

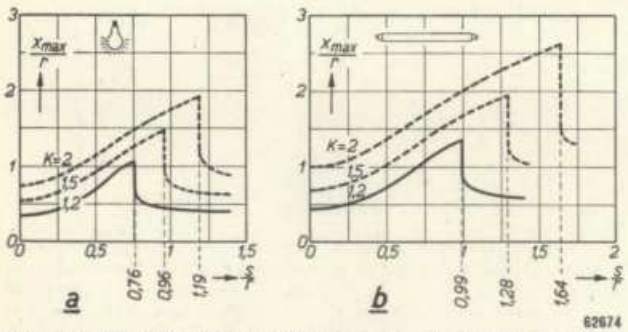


Fig. 15. Bij elke kromme (s/r) van fig. 14 wordt die abscis (x/r) opgezocht waarvoor de verlichtingssterkte een factor $K = 2$ resp. 1,5 resp. 1,2 kleiner is dan in het maximum of de maxima, resp. groter dan in het minimum. De gevonden waarden x_{max}/r zijn hier uitgezet als functie van s/r,
a) voor twee puntvormige lichtbronnen;
b) voor twee lijnvormige lichtbronnen.

In dit punt valt eveneens de „punt" van de grenskromme voor dezelfde K in fig. 9*b* (grensgeval van één lamp zijdelings voor object). Deze kromme is (dun gestippeld) in fig. 16*a* mee aangegeven. Het voordeel van de overgang tot twee lampen springt in het oog. Vergelijking van de plattegrond fig. 16*b* met die van *a* demonstreert het voordeel van de lijnvormige lichtbronnen.

Wat de nadere keuze van de plaats der lampen in fig. 16*a* resp. *b* betreft, zal men voor een zo economisch mogelijk gebruik van de lampen — in de reproductietechniek is dit een bijzonder belangrijk gezichtspunt — het beste uit zijn in de buurt van de knikpunten. Hier komen echter de lampen in het gezichtsveld van de camera [9]). Bovendien

[9]) Bij het maken van „contactafdrukken", zoals voorkomt bij de vervaardiging van autotypische drukvormen, met een gerasterd negatief resp. diapositief (cliché's, offsetplaten), komt geen camera te pas en is dus plaatsing van twee lampen bij de knikpunten wel degelijk mogelijk. Veelal wordt echter voor deze bewerking nog vastgehouden aan het gebruik van één puntvormige lamp (een koolboog) midden voor het object — naar het schijnt omdat men moeilijkheden ondervindt bij de overbrenging van de rasterpunten ten gevolge van het Callier-effect. Dat deze opstelling in het onderhavige geval, waarbij zelfs een ongelijkmatigheidsfactor van $K = 1{,}2$ nog te groot is, zeer ondoelmatig is, behoeft wel geen betoog meer. O. A. Guinau heeft een lans gebroken voor het gebruik in dit geval van een reeks lampen die een vierkant vlak, parallel aan het plaatoppervlak, vullen (International Lighting Review 1949/50, No. 1, pag. 26).

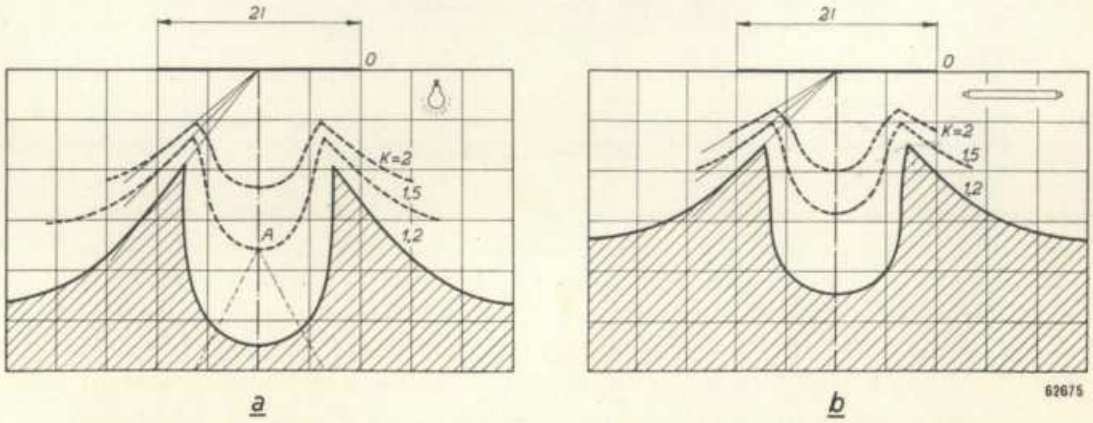


Fig. 16. Plattegrond van verboden en toegestane gebieden (de laatste gearceerd) voor de symmetrische plaatsing van twee lampen, bij een toegelaten ongelijkmatigheidsfactor in de verlichting $K = 1{,}2$. Grenslijnen voor $K = 2$ en $K = 1{,}5$ gestippeld.
a) Voor twee puntvormige lichtbronnen. *b*) Voor twee lijnvormige lichtbronnen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

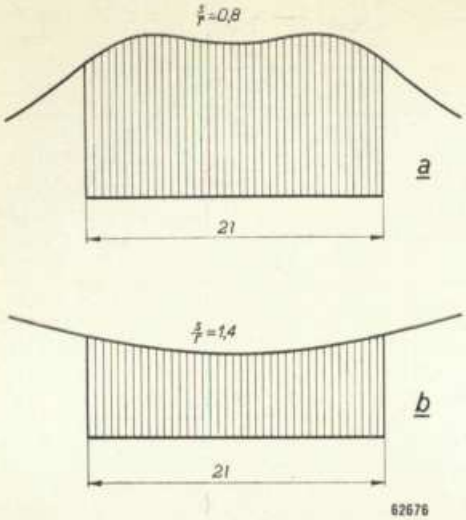


Fig. 17. Verloop van de verlichtingssterkte over de breedte van het object,
a) bij opstelling van de twee lampen op het middelste gedeelte der grenskrommen in fig. 16; bijv. bij $s/r = 0{,}8$ op de kromme $K = 1{,}2$ in fig. 16*b*;
b) bij opstelling op de randgedeelten van de krommen (buiten de knik); bijv. bij $s/r = 1{,}4$ op dezelfde kromme als voor (*a*).

moet men er rekening mee houden dat bij het reproduceren van enigszins glimmende objecten storende reflexen kunnen optreden. Om een en ander te vermijden, moet men de lampen buiten de in *fig. 18* aangegeven grenslijnen *g* plaatsen. Door combinatie met fig. 16 houdt men een toegestaan gebied voor de plaatsing van de lampen over dat in de figuur gearceerd is aangegeven. Plaatsing in de punten *P* is dan aangewezen.

Gebruikt men twee lijnvormige lichtbronnen, opgesteld aan weerskanten van het object, dan ligt het voor de hand de gelijkmatigheid van de verlichting nog verder te verbeteren, door twee identieke horizontale lijnvormige lampen toe te voegen, op de aan *P* analoge plaatsen onder en boven het object. De ongelijkmatigheidsfactor vermindert dan van $K = 1{,}2$ tot $K = 1{,}1$. Weliswaar wordt tevens in verticale richting een ongelijkmatigheid geïntroduceerd, die voordien — bij voldoende lengte der lijnvormige lampen — niet optrad, doch deze ongelijkmatigheid is eveneens slechts = 1,1. Op deze wijze is het dus mogelijk met betrekkelijk weinig hulpmiddelen aan zeer hoge eisen wat betreft de gelijkmatigheid van de verlichting te voldoen.

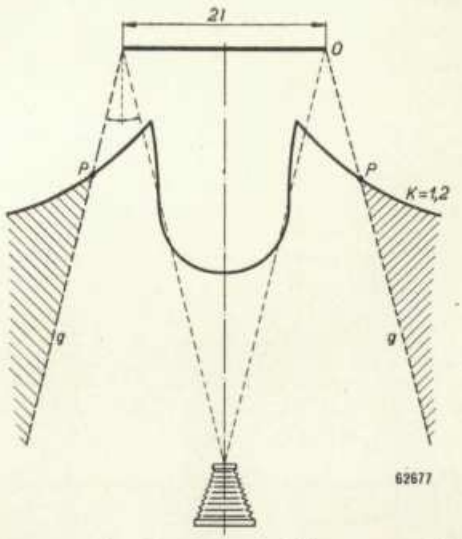


Fig. 18. Om storende reflexen te vermijden, moeten de lampen worden geplaatst buiten de grenslijnen *g*, *g* (die van de afstand van de camera afhangen). Bij combinatie van deze voorwaarde met de gelijkmatigheidseis $K = 1{,}2$ houdt men het gearceerd aangegeven toegestane gebied voor de lampen over.

Samenvatting. Bij het fotograferen met kunstlicht vertoont de verlichting van het object een zekere ongelijkmatigheid, ten gevolge van de betrekkelijk kleine afstanden tussen het object en de lichtbronnen. Neemt men voor de verhouding tussen grootste en kleinste verlichtingssterkte een bepaalde toelaatbare waarde aan, bijv. 1,5, dan kunnen een aantal eenvoudige regels voor de plaatsing der lichtbronnen worden opgesteld (uiteraard zonder nog rekening te houden met eventuele artistieke eisen). Dit is hier uitgevoerd en nader toegelicht voor het geval dat één lamp wordt toegepast, al dan niet in het middenloodvlak van het object, en voor het geval van twee symmetrisch opgestelde, hetzij puntvormige hetzij lijnvormige lampen. De resultaten zijn ten dele gegeven in de vorm van plattegronden, waarop „verboden" en „toegestane" gebieden voor de lampen zijn afgebakend.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

1899: G. Diemer en J. L. H. Jonker: Low-distortion power valves (Wireless Engr. **26**, 385-390, Dec. 1949).

Overzicht van de constructie van radiobuizen met geringe distorsie. Beschrijving van twee nieuwe constructies door middel waarvan de tweede harmonische van een eentrapsversterker met penthode in belangrijke mate kan worden verzwakt. Daardoor wordt de distorsie met een factor 2 verkleind tot belastingen waarbij het afgegeven vermogen 25% van de statische anodedissipatie bedraagt. Voor nog hogere belastingen (afgegeven vermogen 50% van statische anodedissipatie) is de distorsie gelijk aan die van een gewone buis. De nieuwe buizen hebben een I_a-V_a-karakteristiek die nagenoeg lineair is in de buurt van het normale werkpunt.

1900: L. A. Ae. Sluyterman en H. J. Veenendaal: A method for the detection of amphoteric substances in paper chromatography (Rec. Trav. Chim. Pays-Bas, **68**, 717-720, 1949, No. 9/10).

Als een papierchromatogram behandeld wordt met een oplossing van tropaeoline 00 en na droging wordt blootgesteld aan zoutzuurdamp, verschijnen amphotere stoffen als gele vlekken op een rode ondergrond.

1901: M. Asscher: A new synthesis of ω-amino-p-hydroxyacetophenones and their reduction to the corresponding amino-aethanols (Rec. Trav. Chim. Pays-Bas **68**, 960-968, 1949, No. 11).

Beschrijving van een nieuwe synthese van verbindingen van de gedaante

$$HO-\langle\rangle-CO.CH_2N<$$

door condensatie van phenol of zijn afgeleiden met amino-acetonitrilen volgens de methode van Hoesch en Houben. De corresponderende alcoholen worden bereid door katalytische reductie van de verkregen ketonen.

1902: F. A. Kröger, J. E. Hellingman en N. W. Smit: The fluorescence of zinc sulphide activated with copper (Physica 's Grav. **15**, 990-1018, 1949, No. 11/12).

Het fluorescentiespectrum van zinksulfide geactiveerd met koper bestaat uit drie banden: een groene en een blauwe Cu-band en een blauwe Zn-band. Behalve fluorescentiecentra levert koper ook doofcentra. De fluorescentiecentra hebben een absorptiegebied aan de langgolvige zijde van de fundamentele absorptie van het ZnS-rooster. Het verband tussen de concentratie van de diverse centra en de wijze van prepareren, is bestudeerd met gedoseerde mengsels van H_2S-HCl, H_2-HCl enz. Bij hoge temperatuur (> 1050 °C) bevordert een grote HCl-concentratie de vorming van groene centra, een kleine HCl-concentratie die van blauwe Cu-centra, maar als HCl geheel ontbreekt wordt geen van deze soorten centra gevormd. Grote H_2S-concentratie bevordert de vorming van doofcentra. Als producten die bij hoge temperatuur zijn gemaakt, bij lage temperatuur (400 °C) worden verhit in H_2, N_2 of O_2, worden blauwe centra gevormd en doofcentra vernietigd; naverhitten in H_2S of HCl heeft het omgekeerde effect.

Deze effecten kunnen verklaard worden door te onderstellen dat de groene centra gevormd worden door CuCl, de blauwe door CuCl-Cu, de blauwe zink-centra door ZnCl en de doofcentra door Cu_2S, alle ingebouwd in het ZnS-rooster. Het physische gedrag van het systeem wordt besproken op grond van de theorie van het energietransport volgens Schön en Klasens.

1903: C. J. Bouwkamp: On the evaluation of certain integrals occurring in the theory of the freely vibrating circular disk and related problems (Proc. Kon. Ned. Akad. Wetenschappen Amsterdam **52**, 987-994, 1949, No. 9; Indigationes Mathematicae **11**, 366-373, 1949, fasc. 5).

In de theorie van de geluidsstraling van een vrij trillende, onvervormbare cirkelvormige schijf komen integralen voor van de gedaante

$$\int_0^1 P_{2n+1}(\sqrt{1-\varrho'^2})\varrho' d\varrho' \int_0^{2\pi} [\varrho^2 - 2\varrho\varrho'\cos\vartheta' + \varrho'^2]^{\frac{1}{2}(m-1)} d\vartheta'$$

waarin P een Legendre-polynoom voorstelt. Dezelfde integralen treden op in de theorie van de buiging van een geluidsgolf aan een cirkelvormige schijf of een cirkelvormige opening. Het blijkt dat deze integralen polynomen in ϱ^2 zijn (waarbij de straal van de schijf = 1 en ϱ = de radiusvector op de schijf). Deze polynomen zijn te

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

schrijven in de vorm van een hypergeometrische reeks, of wel als een lineaire combinatie van Legendre-polynomen.

1904: J. M. Stevels: Relations entre les structures des verres et leurs propriétés mécaniques, physiques et chimiques (Verres et Refractaires **3**, 359-368, Dec. 1949).

De schrijver herinnert aan de theorie van Zachariasen (zie deze overzichten No. **1774** en Philips techn. T. **8**, 231-236, 1946) betreffende netwerkvormende en netwerkwijzigende ionen en aan de experimentele bevestiging hiervan door Warren c.s. Hij herinnert vervolgens aan de bijzondere structuur der boraatglazen (bestaan van een „accumulatiegebied" en een „destructiegebied"), en geeft daarna enkele verbeteringen van de theorie aan. Eenzelfde ion kan zich naar omstandigheden netwerkvormend of netwerkwijzigend gedragen. Verder is, volgens Smekal, het netwerk van glas niet alleen het gevolg van de onregelmatige rangschikking van de zuurstofpolyeders maar ook van de aard van de binding binnen de polyeders. Deze kan namelijk meer van heteropolaire of meer van homeopolaire aard zijn en aldus een verandering van de interatomaire afstanden binnen een polyeder ten gevolge hebben. Verder wordt aangetoond welke invloed deze nieuwe opvattingen hebben op de interpretatie van mechanische, physische en chemische eigenschappen van glas. Een belangrijke grootheid is $Y = 2Z - 2R$, waarin Z het gemiddelde aantal zuurstofionen rondom een netwerkvormend ion en R het aantal zuurstofionen gedeeld door het aantal netwerkvormende ionen voorstelt; Y is het aantal contactpunten der polyeders. Voor technisch bruikbare glazen is $4 > Y > 3$, voor zachte glazen $3 > Y > 2$ terwijl glazen met $Y < 2$ sterk ontglazen.

Versteviging van het rooster verkleint de thermische uitzetting en verhoogt het smeltpunt. Ten slotte kan men uit de diëlectrische eigenschappen conclusies trekken betreffende de structuur en in het bijzonder over de neiging van bepaalde ionen om over te gaan van de positie van netwerk-wijzigend ion in de positie van een netwerkvormend ion.

1905: R. van der Veen: Induction phenomena in photosynthesis, II (Physiologica plantarum **2**, 287-296, 1949).

Vervolg van gelijknamig artikel I (deze overzichten No. **1882**). De invloed wordt nagegaan van de intensiteit van het licht op het verloop van de assimilatie na voorafgaande plaatsing van de plant in donker: bij 1000 lux wordt de stationnaire toestand geleidelijk bereikt, bij 10 000 lux en hoger pas na enige schommelingen, die met de intensiteit in amplitude en duur toenemen. De vorm van deze schommelingen hangt ook af van de duur van de voorafgaande donkere periode en van de temperatuur. Behalve in lucht met 3% CO_2 werden ook proeven genomen in zuurstof-stikstofmengsels van andere samenstelling en in zuivere stikstof en waterstof (met enkele % CO_2), zowel met gewone bladeren als met bladeren die een warmtebehandeling (zie I) hadden ondergaan. De proeven maken waarschijnlijk dat fotosynthese wordt tegengegaan door een „factor" die tijdens het fotoproces wordt gevormd en die met een zekere vertraging werkzaam is, vermoedelijk O_2 of een organisch peroxyde. De onbekende „adaptatiefactor" wordt vermoedelijk onwerkzaam door oxydatie en werkzaam ten gevolge van reductie door het verlichte chlorophylcomplex. Uit de proeven in stikstof volgt, dat de aanvankelijke CO_2-opneming vermoedelijk niet kan optreden bij afwezigheid van zuurstof, maar optreedt als zuurstof wordt toegelaten. De proeven in waterstof bevestigen dat door warmtebehandeling het verband tussen H-donor en chlorophyl wordt verbroken.

1907: F. A. Kröger en W. Hoogenstraaten: The location of dissipative transitions in luminescent systems (Physica 's Grav. **16**, 30-32, 1950, No. 1).

Uit de afhankelijkheid van de nalichtduur van de temperatuur bij $Cd_2B_2O_5$-Mn en $CdSiO_3$-Mn volgt dat de doving van de fluorescentie bij hoge temperaturen het gevolg is van dissipatieve overgangen die de aangeslagen centra verstoren, en dat de doving bij lage temperatuur veroorzaakt wordt door dissipatieve overgangen die hogere aangeslagen toestanden aangrijpen. Een soortgelijk gedrag vindt men bij $CaWO_4$-Sm. Hier wordt bij lage temperatuur de aanslagenergie niet in warmte omgezet maar als WO_4-emissie uitgestraald.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!